

# 都市快速道路匝道配置評估方法之研究



交通部運輸研究所

中華民國八十二年十月

**交通部運輸研究所**  
**委託研究計畫出版品摘要表**

出版品名稱  中 文：都市快速道路匝道配置評估方法之研究 外 文：A Study on Evaluation Method of Ramp Allocation for Urban Expressway			
國際標準書號(或叢刊號)  ISBN 957-00-2949-8(平裝)	政府出版品統一編號  009104820531	運輸研究所出版品編號  82 - 64 - 189	
本所主辦單位：運輸計劃組 主 管：鄭賜榮 主辦人員：陳勁甫	委託研究單位：國立台灣大學土研 所 計畫主持人：曹壽民 研究人員：羅孝賢、蘇昭銘 廖惠美 地址：台北市羅斯福路四段一號  聯絡電話：	研 究 期 間  自 8 1 年 6 月  至 8 2 年 6 月	
關鍵詞：快速道路、匝道配置、模擬、評估、交織、服務水準			
摘 要：本研究係就交通觀點將交通工程概念納入匝道規劃設計流程之一部份，探討都市快速道路匝道位置與型式之選擇。並確立都市快速道路匝道配置分析之影響因素有：交通需求型態、道路幾何條件、連續匝道鼻端距離、交織區段長度、號誌系統等；建立初選分析、配置分析及操作分析三階段之匝道配置分析流程。初選分析階段採絕對條件及連續匝道鼻端距離等兩項評估指標，配置分析階段採快速道路－匝道連接處與匝道－平面道路連接處之交織區段服務水準評估指標。本研究並就各評估指標對臺北市主要之快速道路及興建中之東西向快速道路進行實證分析，以驗證模式之適用性及建議後續研究之課題與方向。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
82年10月	92	68元	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為      年      月      日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解限日期為      年      月      日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解限） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備 註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

## 摘 要

本研究係就交通觀點探討都市快速道路匝道位置與型式之選擇。從實際的資料調查中，發覺現今台北市部份匝道地區之服務水準僅為E、F級，故實有必要針對該問題予以深入探討，將交通工程概念納入匝道規劃設計流程之一部分，使都市快速道路之匝道地區交通問題得以預留防範及改善空間。

本研究確立都市快速道路匝道配置分析之影響因素，包括：交通需求型態、道路幾何條件、連續匝道鼻端距離、交織區段長度及號誌系統等五項。並據此等因素之考量，提出一包含初選分析、配置分析及操作分析三階段之匝道配置分析流程。

本研究建立初選分析階段中之絕對條件及連續匝道鼻端距離等兩項評估指標，及配置分析階段中快速道路——匝道連接處與匝道——平面道路連接處之交織區段評估指標。前者係參考台灣地區公路容量手冊以平均行駛速率為衡量服務水準之指標，經修正適用於快速道路之參考公式後，據以決定規劃流量在某一特定服務水準要求下，匝道地區應具備之交織區段長度；至於匝道——平面道路連接處，則分別以交織區段間距分析及服務水準評估方法決定所需臨界交織區段長度值，兩模式之分析結果說明如下：

1. 匝道——平面道路連接處交織區段之間距分析模式係採用接受間距分析方法，建立順利右轉機率模式及交織區段長度推估模式。經以台北市建國快速道路民權東路北向下匝道地區和南京東路北向下匝道地區為例進行驗證，顯示順利右轉機率模式之平均相對誤差為7.25%，交織區段長度推估模式推估交織區段長度理論值與觀測值之平均相對誤差約為15%，模式頗能反映實際狀況。
2. 匝道——平面道路連接處交織區段之服務水準分析，係採迴歸分析方法，探討該交織區段在各種不同幾何配置與流量狀況下之服務水準。模式中以交織區段速率為被解釋變數，交織流量、交織區段長度、交織區段寬度為解釋變數，迴歸式之 $\bar{R}^2$ 值達0.81，各解釋變數t值皆顯著。交織流量與速率呈反向關係，交織區段長度及寬度與交織區段速率則皆呈正向關係，經彈性分析結果顯示，交織區段長度與交織流量對交織區段速率之影響遠較交織區段寬度為鉅。規劃流量在某一特定服務水準下應具備之臨界交織區段長度值可由上

述關係式求出。

本研究評估結果顯示：台北市建國快速道路南京東路與民權東路兩處北向下匝道，服務水準及順利右轉機率皆有偏低現象，其主要原因在於交織區段長度不足，而產生嚴重的交織行為，此外，興建中之台北市東西向快速道路經本研究分析流程及各項分析指標之評估發現，其匝道配置大致皆能符合運作要求，惟在新生下匝道之平面交織區段可能會受交織區段長度不足之影響，而於尖峰時段產生壅塞問題，宜速謀對策。

本研究在分析過程與分析結果上尚有未盡完備處，故提出下列建議與未來研究方向：

1. 本研究建立之快速道路匝道配置分析流程包括初選分析、配置分析及操作分析三階段，其中操作分析階段主要考慮號誌系統之配合及快速道路整合控制觀念，由於目前號誌軟體尚無法有效處理匝道地區問題，且囿於時間與人力無法給予完善之分析，值得進一步研究。
2. 下匝道車輛順利右轉機率模式，係就規劃觀點在排除號誌影響情況下所推導之結果，後續宜就匝道地區號誌控制問題再行深入研究。
3. 匝道——平面道路連接處之交織區段接受間距分析中，臨界間距與基本車流參數間之關係，值得再進一步探討。
4. 本研究修正公路容量手冊快速道路——匝道連接處之交織區段服務水準分析模式宜作進一步之驗證，以利應用。
5. 由於車流資料之蒐集相當困難，本研究用以建立模式及驗證之資料稍嫌不足，後續宜再加強資料蒐集工作，以使模式結果更具嚴謹性。
6. 宜建立描述快速道路匝道地區交織區段服務水準之評估指標與分級方式，以爲評估之依據。
7. 研究過程中發現，國外車流模擬軟體如TRAF-NETSIM等，不易具體模擬匝道地區之車流行爲，宜著手發展適用於本地之車流模擬模式，以供績效評估之用。
8. 台北市東西向快速道路新生下匝道之平面交織區段長度不足，在其他條件允許的情況下，本研究建議將此匝道位置往西遷移，俾符合最短交織區段長度之要求。

# 目 錄

	頁數
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究緣起 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究範圍 .....	2
1.4 研究流程與方法 .....	2
1.5 研究內容 .....	3
第二章 文獻評析與問題特性分析 .....	5
2.1 匝道配置規劃 .....	5
2.2 匝道幾何設計 .....	10
2.3 匝道交控策略 .....	13
2.4 相關研究課題 .....	14
2.4.1 交織區段研究 .....	15
2.4.2 接受間距研究 .....	15
2.5 問題特性分析 .....	16
2.6 綜合評析 .....	22
第三章 匝道特性分析與配置分析流程 .....	25
3.1 匝道特性分析 .....	25
3.2 匝道配置分析 .....	32
第四章 評估指標之建立 .....	38
4.1 初選分析指標 .....	38

4.2	配置分析指標 .....	43
4.2.1	快速道路—匝道連接處交織區段長度分析指標 .....	43
4.2.2	匝道—平面道路連接處交織區段長度分析指標 .....	46
4.3	操作分析指標初探 .....	70
第五章	實例研究 .....	75
5.1	台北市建國快速道路 .....	75
5.2	台北市東西向快速道路 .....	76
第六章	結論與建議 .....	84
6.1	結論 .....	84
6.2	建議 .....	86
參考文獻	.....	88

# 圖 目 錄

	頁數
圖 1-1 研究流程圖 .....	3
圖 2-1 依容量特性劃分之匝道型式分類 .....	7
圖 2-2 依出入口位置劃分之匝道型式分類 .....	8
圖 2-3 依連接型式劃分之匝道型式分類 .....	9
圖 2-4 臨界間距圖解法 .....	17
圖 2-5 調查位置配置圖 .....	19
圖 3-1 直接式匝道示意圖 .....	26
圖 3-2 右彎式匝道示意圖 .....	26
圖 3-3 路口型匝道示意圖 .....	29
圖 3-4 路段型匝道示意圖 .....	29
圖 3-5 台北市快速道路匝道示意圖 .....	31
圖 3-6 匝道配置分析流程圖 .....	37
圖 4-1 快速道路 — 匝道連接處交織區段示意圖 .....	44
圖 4-2 順利右轉機率模式構建流程 .....	48
圖 4-3 交織區段長度推估示意圖 .....	52
圖 4-4 下匝道車輛右轉行為示意圖 .....	53
圖 4-5 南京東路口北向下匝道地區臨界間距分析 .....	59
圖 4-6 民權東路口北向下匝道地區臨界間距分析 .....	60
圖 4-7 模式預測值與觀測值示意圖 .....	67
圖 5-1 台北市東西向快速道路示意圖 .....	77
圖 5-2 台北市東西向快速道路規劃流量 .....	82

## 表 目 錄

	頁數
表 2-1 匝道 — 高速公路連接處幾何設計標準 .....	11
表 2-2 匝道道路幾何設計標準 .....	12
表 2-3 調查地點流量分析資料表 .....	20
表 2-4 調查地點速率分析資料表 .....	21
表 2-5 路段服務水準彙整表 .....	22
表 3-1 直接式／右彎式匝道型式適用情形表 .....	27
表 3-2 路口型／路段型下匝道型式適用情形表 .....	30
表 4-1 最短街廓長度限制 .....	39
表 4-2 匝道曲線半徑相關規定表 .....	40
表 4-3 匝道路面寬度相關規定表 .....	41
表 4-4 匝道鼻端距離相關規定表 .....	42
表 4-5 順利右轉機率模式推估 .....	49
表 4-6 順利右轉機率模式驗證結果 .....	61
表 4-7 交織區段長度推估模式驗證結果 .....	62
表 4-8 各交織區段幾何特性資料表 .....	65
表 4-9 服務水準分析模式驗證資料彙整表 .....	68
表 4-10 彈性分析彙整表 .....	69
表 4-11 流量模擬值與實際值比較表 .....	73
表 4-12 不同類型下匝道配置方式各狀況績效比較表 .....	74
表 5-1 台北市建國快速道路分析資料表 .....	76
表 5-2 台北市東西向快速道路道路設計標準 .....	80
表 5-3 台北市東西向快速道路鼻端距離整理表 .....	79
表 5-4 台北市東西向快速道路匝道地區預估服務水準表 ...	82

# 第一章 緒 論

## 1.1 研究緣起

都市快速道路 (Urban Expressway) 為進出部分管制之立體或平面道路，其主要功能為服務都市地區穿越性交通，以減輕地區性道路之負荷。該系統可視為一近似高速公路型態，服務都會區內之高效率與高運量道路，然因都市地區之土地取得困難，基礎設施及建物均已充分發展等限制，都市快速道路匝道位置與匝道型式之選擇較缺乏彈性，因此目前高速公路匝道配置之考慮因素，無法全然適用於都市快速道路。

隨著都市地區交通的日益惡化，都市快速道路匝道地區之壅塞問題亦漸趨嚴重，尤其在尖峰時段，更因流量大增與匝道的配置不當，導致平面道路交通與快速道路上下匝道車流相互干擾，不僅嚴重影響快速道路主線車流之順暢，平面道路系統亦為之癱瘓，因此都市快速道路匝道之配置實為一重要研究課題。

現今都市快速道路的匝道設置，皆以運輸規劃與幾何特性為主要考慮，如最小曲線半徑、最大縱坡度及連續匝道鼻端間最短距離等因素，並未納入平面道路之交通管制措施、號誌系統等交通工程因素，造成現今都市快速道路功能不彰、匝道地區平面道路系統運作不良的結果。由於匝道設置後更動不易，配置不當所致之諸多問題將不易根本解決，縱使在匝道地區有良好的交控策略，亦將因其先天設計上的缺陷而無法有效地改善擁擠現象。因此，如何能在快速道路規劃階段，即先行引進交通工程概念，將其納為匝道設計程序之一部分，俾賦予充分之彈性，從而發展快速道路系統整合控制之觀念，使都市快速道路之匝道地區交通問題得以預留防範及改善空間，實為當務之急。

## 1.2 研究目的

本研究之主要目的如下：

- 一、探討都市快速道路匝道配置之規劃 (Planning)、設計 (Design) 和操作 (Operation) 之流程，釐清各步驟可能發生之問題，以作為研究之基礎。
- 二、將都市快速道路匝道設置對於都市的交通衝擊，納入規劃程序中，以充實都市快速道路匝道配置之規劃方法，整體考量規劃、設計、操作三程序，賦予實際操作時足夠之改善彈性與空間，防範匝道開放使用後之負面影響於未然。
- 三、建立一套涵蓋點、線、面三種不同層次之都市快速道路匝道配置評估方法，俾使匝道配置更臻理想。
- 四、建立都市快速道路匝道配置之相關評估指標，以作為進行規劃及操作分析之依據。

## 1.3 研究範圍

本研究所謂匝道配置係就交通觀點考量各影響因素，並據以進行分析，對於其他如景觀、污染等觀點則不予考慮，系統交流道部分亦不在研究範圍之內。因此，研究範圍包含下列兩部分：

- 一、都市快速道路匝道位置之選擇：考慮運輸需求、幾何設計與都市平面道路系統。
- 二、都市快速道路各匝道型式選擇：考慮平面道路、匝道與鄰近路口之車流動線特性。

## 1.4 研究流程與方法

本研究之分析流程如圖1-1 所示，茲詳細說明如下：

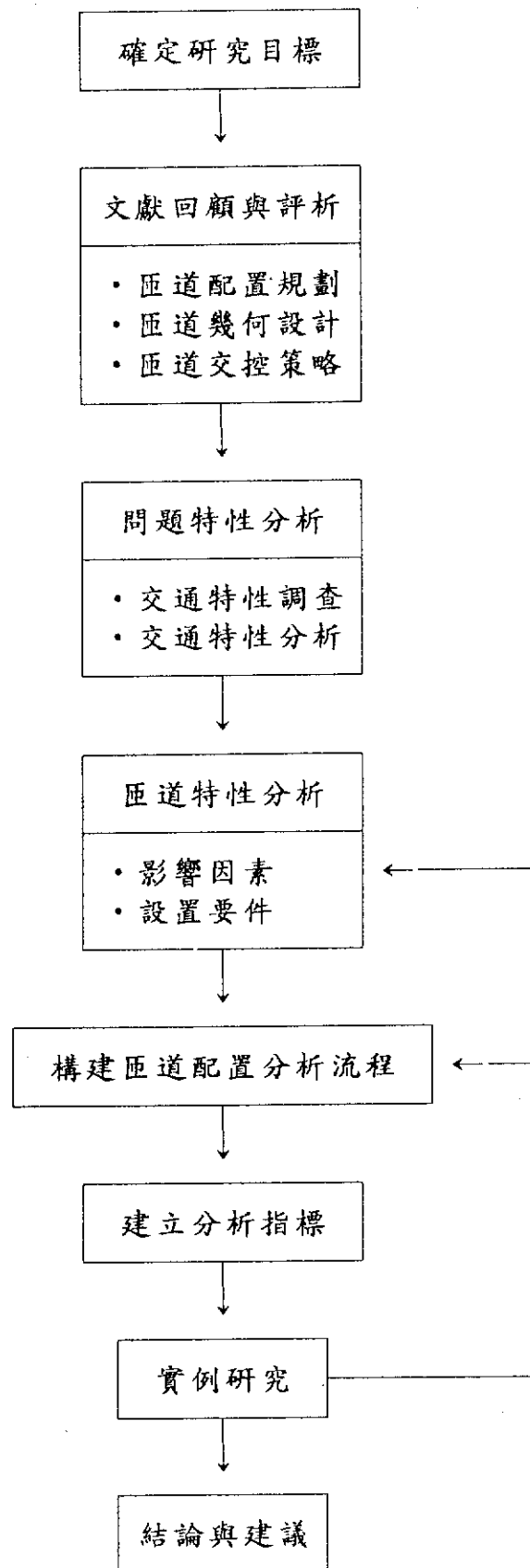


圖 1-1 研究流程圖

- 一、確立研究目標。
- 二、蒐集與回顧國內外有關高速公路、快速道路匝道配置規劃、匝道幾何設計、匝道地區交通控制策略等文獻及資料，並瞭解現況作業方式，以作為本研究之基礎。
- 三、針對匝道地區之交通特性進行調查及分析，以作為確定影響因素與建立評估準則之依據。
- 四、藉由文獻回顧、現況評估以及匝道交通特性分析，確立都市快速道路匝道配置之考慮因素及設計要件。
- 五、建構快速道路匝道配置分析流程。
- 六、建立匝道配置之評估指標。
- 七、選定一規劃中或現存的都市快速道路，進行實例研究，以驗證本研究建立評估方法之有效性與合理性。
- 八、結論與建議。

## 1.5 研究內容

本研究具體研究內容如下：

- 一、確立都市快速道路匝道配置影響因素及設計要件。
- 二、建構都市快速道路匝道配置分析流程。
- 三、建立都市快速道路匝道配置評估指標。
- 四、都市快速道路匝道配置評估之實例研究。

依據研究流程及內容，本研究內容區分為六章：第一章為緒論；第二章為文獻評析與問題特性分析，蒐集整理匝道配置規劃、幾何設計、匝道地區交控策略等相關文獻，並進行綜合評析，以為研究依據；第三章為匝道特性分析與配置分析流程，探討不同匝道配置之特性，提出匝道配置分析流程；第四章為評估指標之建立，進行匝道配置相關評估指標之研究；第五章為實例研究；最後提出結論與建議。

## 第二章 文獻評析與問題特性分析

都市快速道路匝道配置評估主要係針對配置規劃、幾何設計及交控策略等軟硬體設施進行分析，因此本研究文獻回顧內容即以此三部分為主，並輔以相關課題探討，以期作為國內都市快速道路匝道地區交通特性分析之依據。此外，為瞭解目前快速道路匝道地區之交通特性與問題癥結，本研究同時選定部分匝道地區進行實際調查，以利研究進行。以下茲就匝道配置規劃、幾何設計與交控策略及其他相關研究等四部份進行文獻整理，並就實際之調查資料進行特性分析，最後提出一綜合評析，作為後續研究之參考。

### 2.1 匝道配置規劃

匝道配置規劃階段涵蓋工作包括匝道位置決定及匝道型式選擇兩項：

#### 一、匝道位置決定

匝道位置之決定通常於快速道路規劃分析階段完成 [1,2,3,4,5,6]。匝道位置配置，一般係以實地勘查並配合工程師之專業判斷初步決定快速道路路線與匝道位置之候選方案，再藉諸方案評估程序，同時確定快速道路路線與匝道位置。以台北市東西向快速道路先期規劃研究為例，其所採用的評估準則包括 [2]：

1. 地區交通量服務性。
2. 運輸功能效益。
3. 施工困難性。
4. 路線佈設困難性。
5. 環境影響程度。

若單就交通觀點而言，其作法主要係利用交通量指派模式 (Traffic Assignment Models) 以最小總旅行時間 [1,3] 為目標

，求得最佳方案。

## 二、匝道型式選擇

綜合以往研究 [2,3,5,7,8]，可知匝道型式大致可依下列特性予以劃分：

1. 容量特性：1985年「美國公路容量手冊」將匝道地區依容量特性分爲八類，如圖2-1 所示，其類別如下：

- (1) 獨立上匝道 (Isolated On-Ramp)。
- (2) 獨立下匝道 (Isolated Off-Ramp)。
- (3) 連續上匝道 (Adjacent On-Ramp)。
- (4) 連續下匝道 (Adjacent Off-Ramp)。
- (5) 上匝道後連接下匝道 (On-Ramp Followed by Off-Ramp)。
- (6) 下匝道後緊接上匝道 (Off-Ramp Followed by On-Ramp)。
- (7) 上匝道後路段車道數增加 (Lane Addition)。
- (8) 下匝道後路段車道數減少 (Lane Drop)。

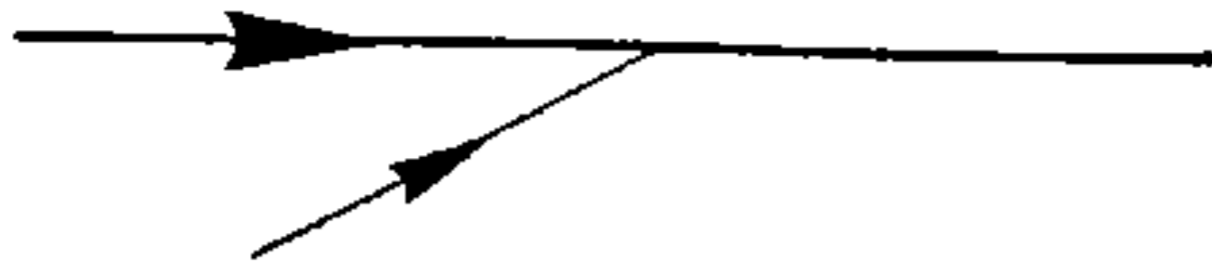
此項分類主要乃依據車流交織所產生的容量變化；亦即僅以高速公路或快速道路上交織區段 (Weaving Section)型式爲主要考量。

2. 出入口位置：依出入口位置可分爲三類 [2]：

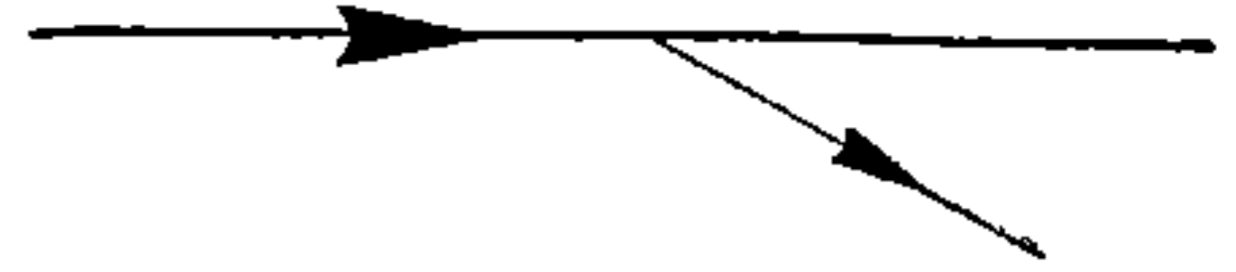
- (1) 左右彎進出式：匝道與平面道路之連接處位於與快速道路相交之道路上，如圖2-2 (a) 所示。
- (2) 側方進出式：匝道與快速道路之連接處爲主線之外側車道，如圖2-2 (b) 所示。
- (3) 中央進出式：匝道與快速道路之連接處爲主線之內側車道，如圖2-2 (c) 所示。

3. 連接型式：依特性可分爲四類，其圖形如圖2-3 所示 [3,5]：

- (1) 左轉匝道：自快速道路左側岔出，轉向時需變換車道，易生危險。
- (2) 左迴轉匝道：自快速道路右側岔出，運行方向易使駕駛人產生混淆，且受空間限制使行車速率無法達到較高標準。



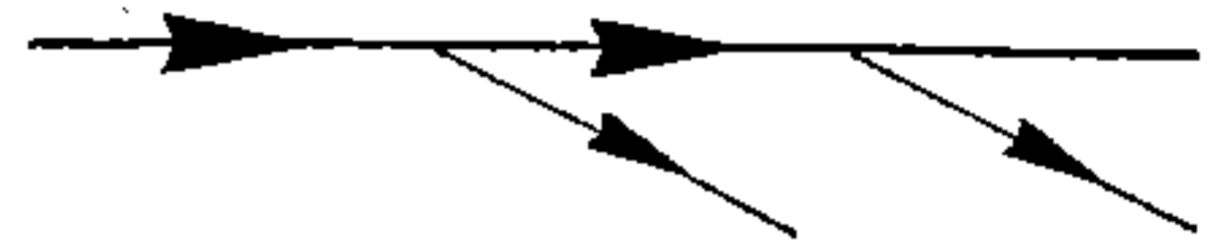
(1) 獨立上匝道



(2) 獨立下匝道



(3) 連續上匝道



(4) 連續下匝道



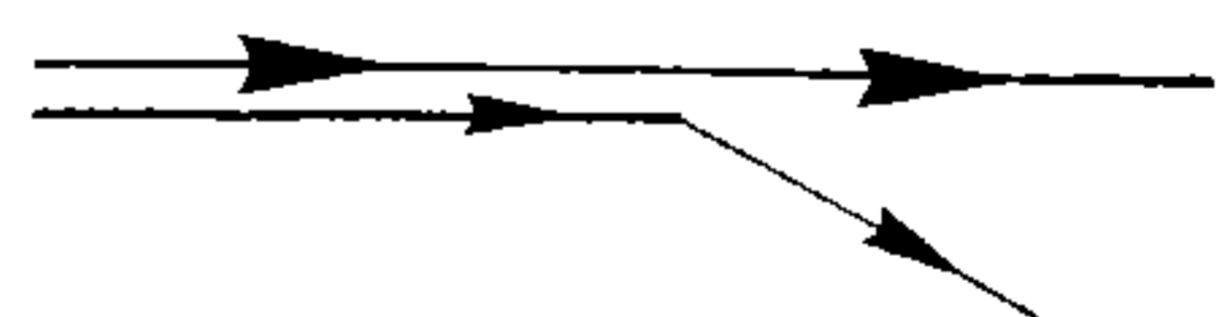
(5) 上匝道後連接下匝道



(6) 下匝道後緊接上匝道

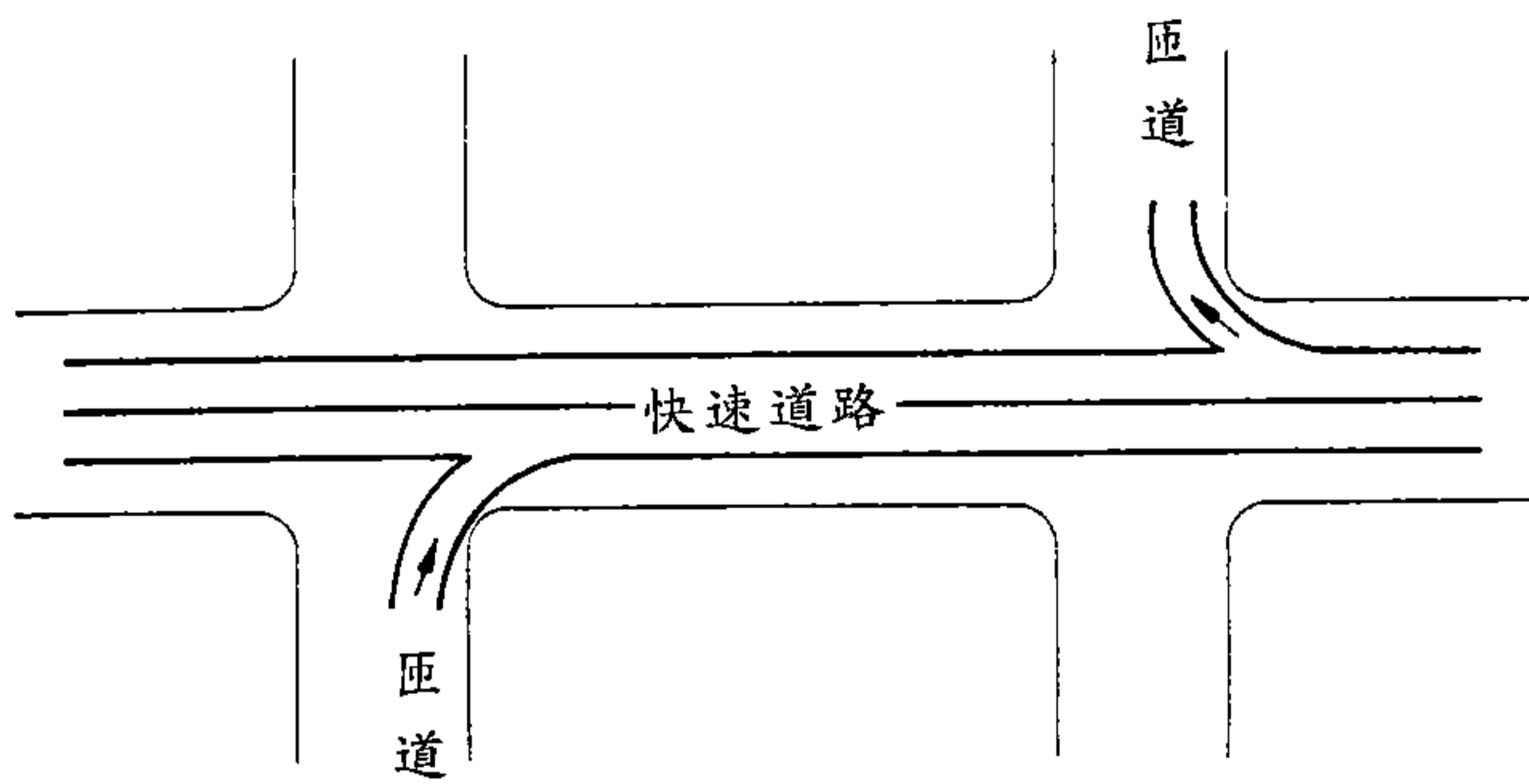


(7) 上匝道後路段車道數增加

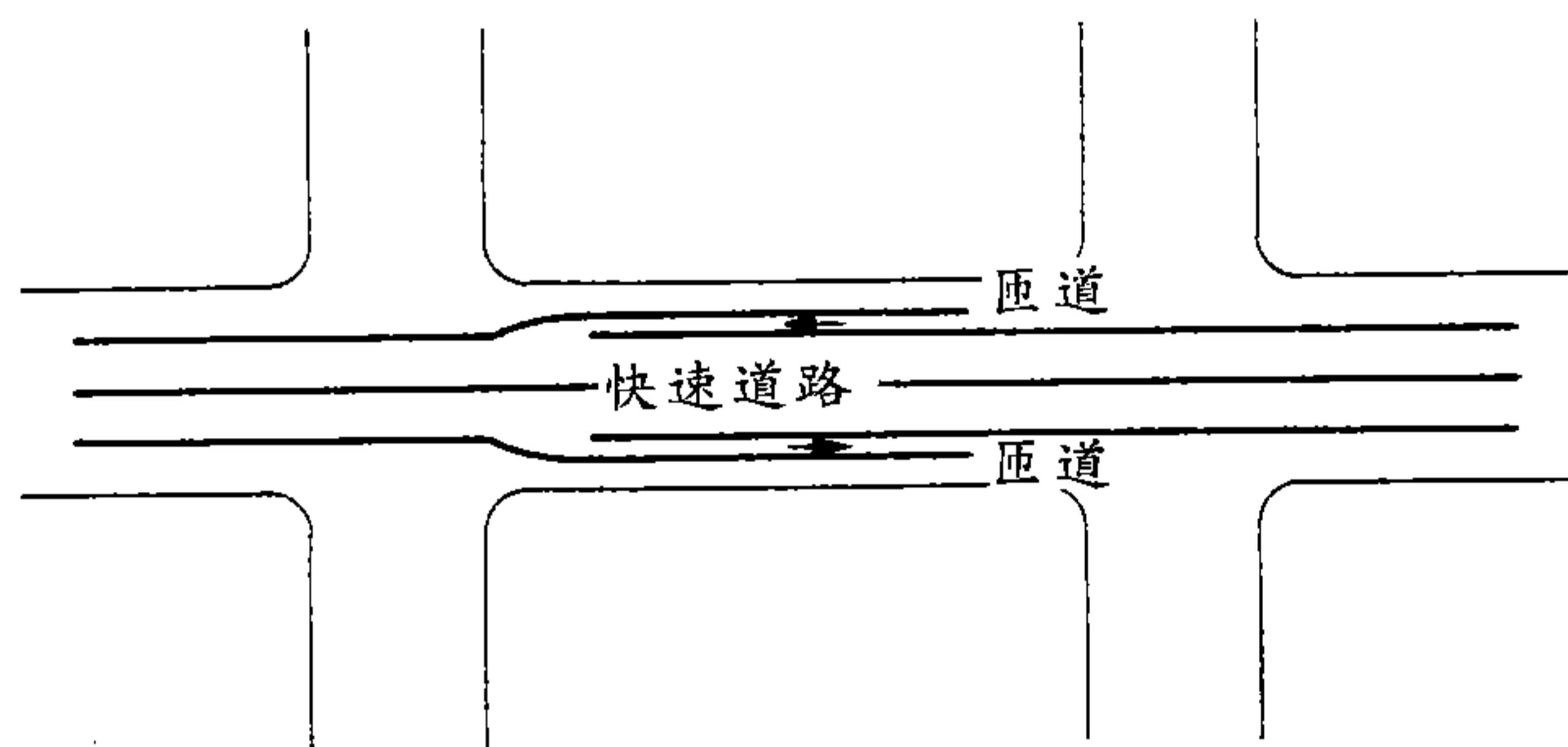


(8) 下匝道後路段車道數減少

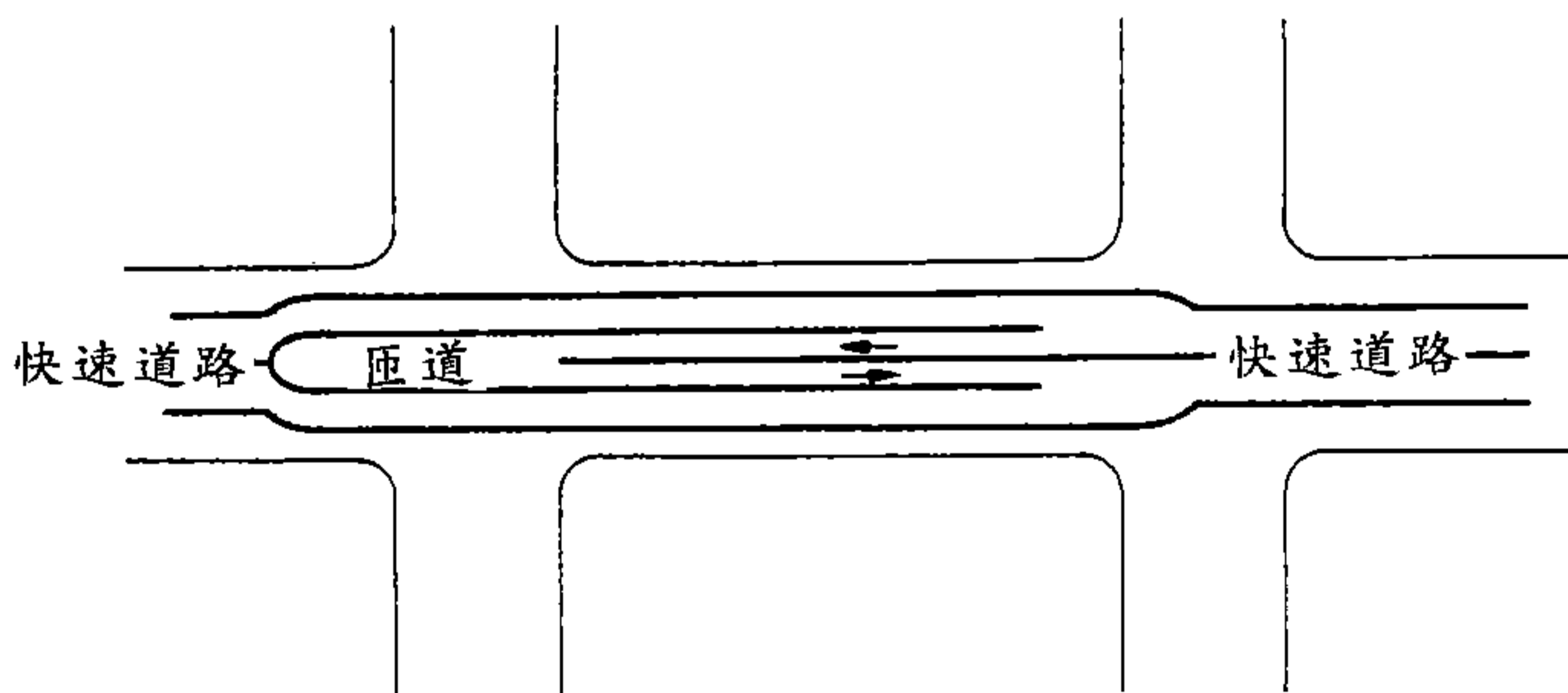
圖 2-1 依容量特性劃分之匝道型式分類 資料來源：[7]



(a) 右彎進出式

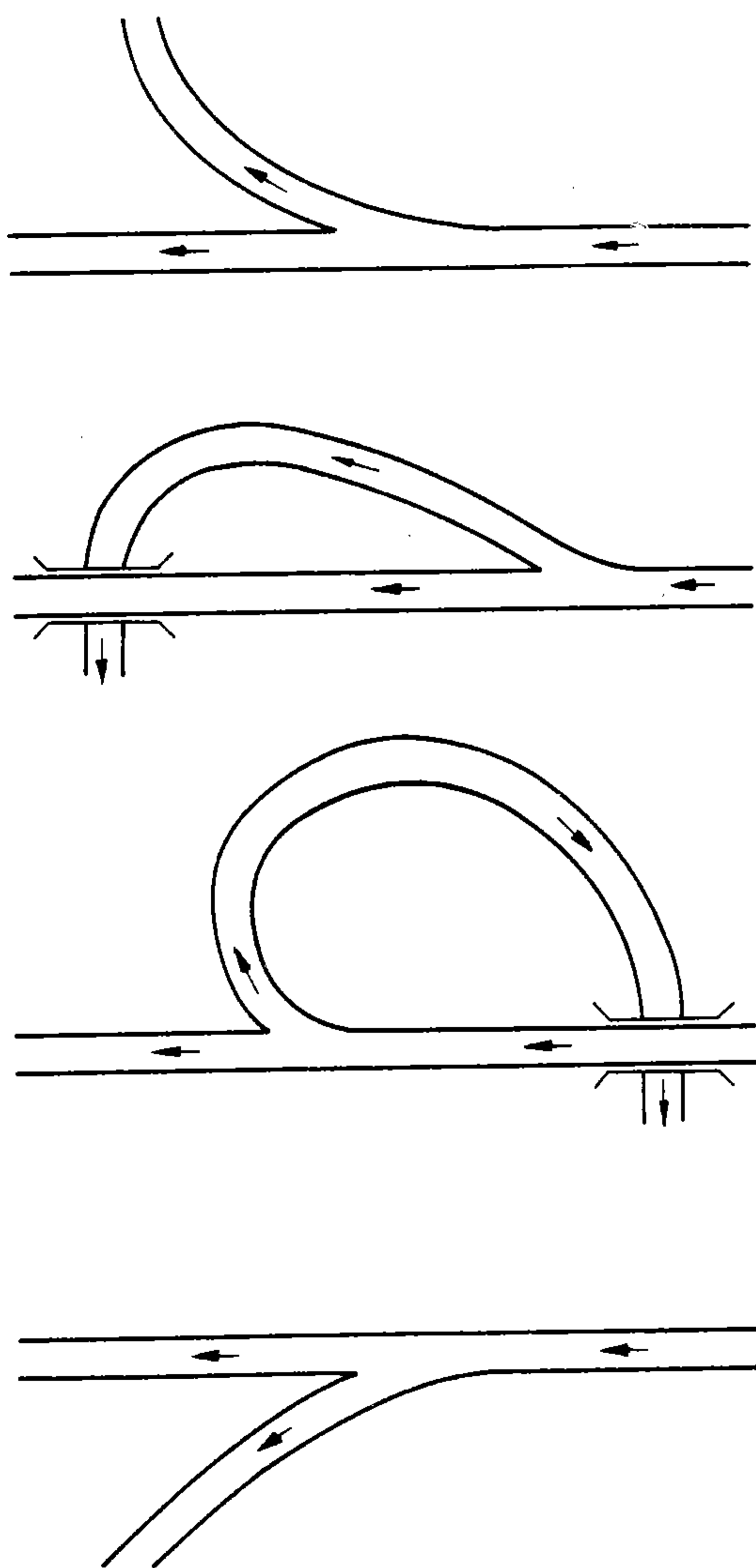


(b) 側方進出式



(c) 中央進出式

圖 2-2 依出入口位置劃分之匝道型式分類 資料來源：[2]



(a) 左轉匝道 (b) 左迴轉匝道 (c) 半直接左轉匝道 (d) 右轉匝道

圖 2-3 依連接型式劃分之匝道型式分類

資料來源：[3,5]

- (3) 半直接左轉匝道：該型式可解決上述兩種匝道缺點，惟因須立體交叉將增加建造費用。
- (4) 右轉匝道：自快速道路右側岔出，轉向容易且不易發生佈置上困難。

## 2.2 匝道幾何設計

匝道主要包含：1.高速公路（快速道路）——匝道連接處（Ramp-Expressway Junction）；2.匝道道路（Ramp Roadway）；3.匝道——街道連接處（Ramp-Street Junction）等三部分 [7,8]，茲就各組成中所包含之幾何設計項目分述如下：

### 一、高速公路（快速道路）——匝道連接處

包括加、減速車道長度及出入口鼻端距離等項目 [9,10,11]  
。各項設計標準整理如表2-1 所示。

表 2-1 匝道 — 高速公路連接處幾何設計標準

主（ 線公 設里 計／ 速小 率時 ）	匝道設計速率（公里／小時）								最小連續鼻端 距離（L <sub>r</sub> ） <sup>*</sup> （公尺）	
	80	70	60	50	40	30	20	10	標 準 值	最 小 值
	最小減速車道長度（公尺）									
120	125	140	155	170	180	190	195	200	270	180
110	110	125	140	150	160	170	180	185	245	165
100	100	110	120	135	145	155	160	165	220	150
90		95	105	115	125	135	145	150	200	135
80			80	95	105	115	125	130	180	120
70				70	85	95	105	110	155	105
60					65	75	85	90	135	90
50						55	65	75	110	75

資料來源：本研究整理

[註]：\* · 連續出口及連續進口匝道最小距離為  $L_r$

· 出口匝道後連接進口匝道最小距離為  $L_r/2$

· 進口匝道後連接出口匝道(交織距離依交織路段交通量而定)最小距離為  $2L_r$

## 二、匝道道路：

包括車道寬度、最小曲率半徑、最大縱坡度等項目 [9,10,11]，各項設計標準整理如表2-2 所示。

表 2-2 匝道道路幾何設計標準

		匝道設計速率（公里／小時）						
		25	30	40	50	60	70	80
最大（縱坡度）	標準值	7.5	7.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0
	最大值	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.0	6.0
最徑小（曲公線尺半）	超高=0.04	25	35	60	100	150	210	280
	超高=0.06	20	30	55	90	140	190	250
	超高=0.08	20	30	50	80	120	170	230
車（道公寬尺）	標準值	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
	最小值	3.00	3.00	3.00	3.00	3.25	3.25	3.50

資料來源：本研究整理

### 三、匝道 — 平面道路連接處

主要為匝道出入口位置佈設，惟於「台北市東西向快速道路先期研究」中提及匝道出口應至少距離平面相交道路60公尺以上[2]，餘未見深入探討。

## 2.3 匝道交控策略

匝道交控策略乃指以交通控制手段，協助上、下匝道車輛順利併入快速道路或平面道路車流，以使道路車流達到順暢運行目的之方法。一般匝道之交控策略可分為：1. 上匝道與快速道路連接處之匝道儀控(Ramp Metering)；2. 下匝道與平面道路連接處之號誌控制。茲就兩種控制方式分述如下：

#### 一、匝道儀控：

美國交通控制系統手冊[13]將匝道儀控方式分成定時儀控(Pretimed Metering)及交通感應式儀控(Traffic-Responsive Metering)兩種；如考慮匝道入口車輛併入之安全性，則有併入接受間距控制(Gap-Acceptance Merge)之作法，茲就三種儀控方式之控制原理彙整如下：

1. 定時儀控：定時儀控係以歷史資料預先設定控制時制，採取固定之儀控率，配合號誌時相讓車輛進入主線。
2. 交通感應式儀控：未預先設定儀控率，依即時之主線及匝道流量，反應當時之儀控率。
3. 併入接受間距控制：上匝道併入控制係考慮主線車流間距，使匝道車輛得以安全併入而不干擾主線之數量最大。此法不以流量或佔有率計算儀控率，直接判斷主線是否有足夠間距以供匝道車輛併入，其儀控之計算及系統配備均較複雜。

英國運輸與道路實驗室 (Transport and Road Research Laboratory, TRRL) 第一套匝道儀控設備乃為改善快速道路上匝道所造成之瓶頸路口而產生，實施成效良好[12]，但其缺點為

無法避免高流量所致之車輛延滯。因此，必須配合平面道路號誌管制策略，以避免上匝道車輛因等候線太長而回堵至平面道路。

國內對於匝道儀控之研究，大都以修改美國柏克萊大學運輸研究所發展的FREQ模式為主，陳菟蕙 [14]、朱榮祥 [15] 等人曾將其應用於中山高速公路之分析，至於快速道路之研究，則僅詹益焜 [16] 修改FREQ8PE 模式中之下匝道模擬模式，加入平面道路之號誌影響及流量干擾情形等考慮，並分析下匝道等候車輛對主線車流所造成的影響。

## 二、號誌控制：

目前上匝道與快速道路銜接部分已發展匝道儀控管制策略，下匝道與平面道路之銜接仍以一般號誌管制為主。下匝道與平面道路銜接處產生之問題，如下匝道車輛併入平面道路車流、車輛改變前進方向之分流行為等，造成諸多衝突點，對行車安全影響頗鉅。由於車輛併入區域(Merge Area)和分出區域(Diverge Area)常成為道路瓶頸，因此一般皆以號誌控制為管制策略，以消弭車流之潛在衝突，提昇行車效率。

Lo等人 [17] 曾探討都市快速道路與都市交通控制間之關聯性，其目的為設計分析與解決快速道路與平面道路連接介面之問題。研究中將TRANSYT 模式修改成TRANSYTMERGE模式，以處理併入區域問題。然因修改後之程式操作時間遠較原程式為長，致其實用性受到限制，若能減少額外登錄資料工作和程式執行時間，該模式不失為一良好工具。

## 2.4 相關課題研究

快速道路、匝道與平面道路三者間銜接處乃為交織區段。交織區段內車輛分出、併入行為複雜，易生衝突，影響行車安全甚鉅，因此交織區段及其交通特性亦為匝道配置之重要研究課題。

#### 2.4.1 交織區段研究

Roess 等人 [18] 探討交織區段之幾何配置與設計，並分析交織區段內車輛運行之影響因素確認車道配置乃影響車輛運行之最主要因素。Fazio 等人 [19,20] 曾就高速公路交織區段車道變換與速率之關係進行研究，結果顯示變換車道次數影響交織與非交織車輛之速率，車道變換次數與速率呈反向關係，而交織區段長度與速率成正向關係，流量與平均行駛速率呈反向關係。唯模式在交織區段長度、車道數、速率上皆有其應用限制。Pietrzyk 等人 [21] 以規劃設計觀點進行交織區段長度分析，直接引用1985年美國公路容量手冊中之服務水準公式反推交織區段長度。May 等人 [22,23] 曾實際蒐集資料，分析交織區段之容量及服務水準，並發展高速公路交織區段績效分析程序。此外，Fazio 等人 [24] 曾發展模擬模式 INTRAS，據以分析交織區段容量。

#### 2.4.2 接受間距研究

接受間距 (Gap-acceptance) 相關研究始於 Greenshields 和 Ralf 等人。此後，接受間距分析即不斷地被應用於快速道路或高速公路交織區段、平面無號誌管制路口車輛轉向與穿越之駕駛行為、或行人穿越道路等方面之研究 [25]。Ashworth 等人 [26] 曾就無號誌管制路口車輛之接受間距與延滯之關係進行探討，提出不同駕駛者有相同接受間距分佈之結論。Radwan 等人 [27] 探討無號誌管制路口接受間距分佈，以及主要道路有無中央分隔島對延滯之影響，研究結果顯示主要道路流量和次要道路延滯呈正向關係。Blumenfeld 等人 [28] 探討無號誌管制路口車輛延滯情形，指出不同駕駛者行為相同較同一駕駛者但行為不同之假設更接近實際車輛操作狀況。Makigami 等人 [29] 發展快速道路併入車道長度之機率理論與模式，並實際應用於4車道縮減為3車道時併入車道長度之計算。Makigami 等人 [30] 另

以數學模式評估快速道路外側上匝道 (Outside Ramp) 型式與內側上匝道 (Inside Ramp) 型式之優劣，評估結果顯示外側上匝道併入主線之機率高於內側上匝道，且內側上匝道併入車道長度應比外側上匝道多 50 %。Bullen 等人 [32] 將變換車道模擬模式應用於多車道公路上，以接受間距為指數分配進行分析，提出變換車道型式受期望速度分佈影響甚鉅，加減速率對其影響則較小。國內郭正成 [31] 分別針對機車和汽車進行接受間距分析，指出機車與汽車之接受間距函數均符合伽瑪分配。

至於臨界間距 (Critical Gap) 之定義頗多，Greenshields [33] 將之定義為可接受平均最小時間間距，即半數駕駛者所接受之間距。Raff [34] 定義臨界半間距 (Critical Lag) 為小於臨界半間距之被接受間距數大於或等於臨界半間距之被拒絕間距數。1985年「美國公路容量手冊」則定義臨界間距為穿越或併入主要道路車流之次要流向的駕駛者，其所接受主要道路車流中兩車輛車頭距分佈之中位數。上述所提臨界間距均採中位數，Drew [25] 則建議應採用間距分佈之期望值。有關臨界間距之求算，可利用圖2-4 之圖解法求得。

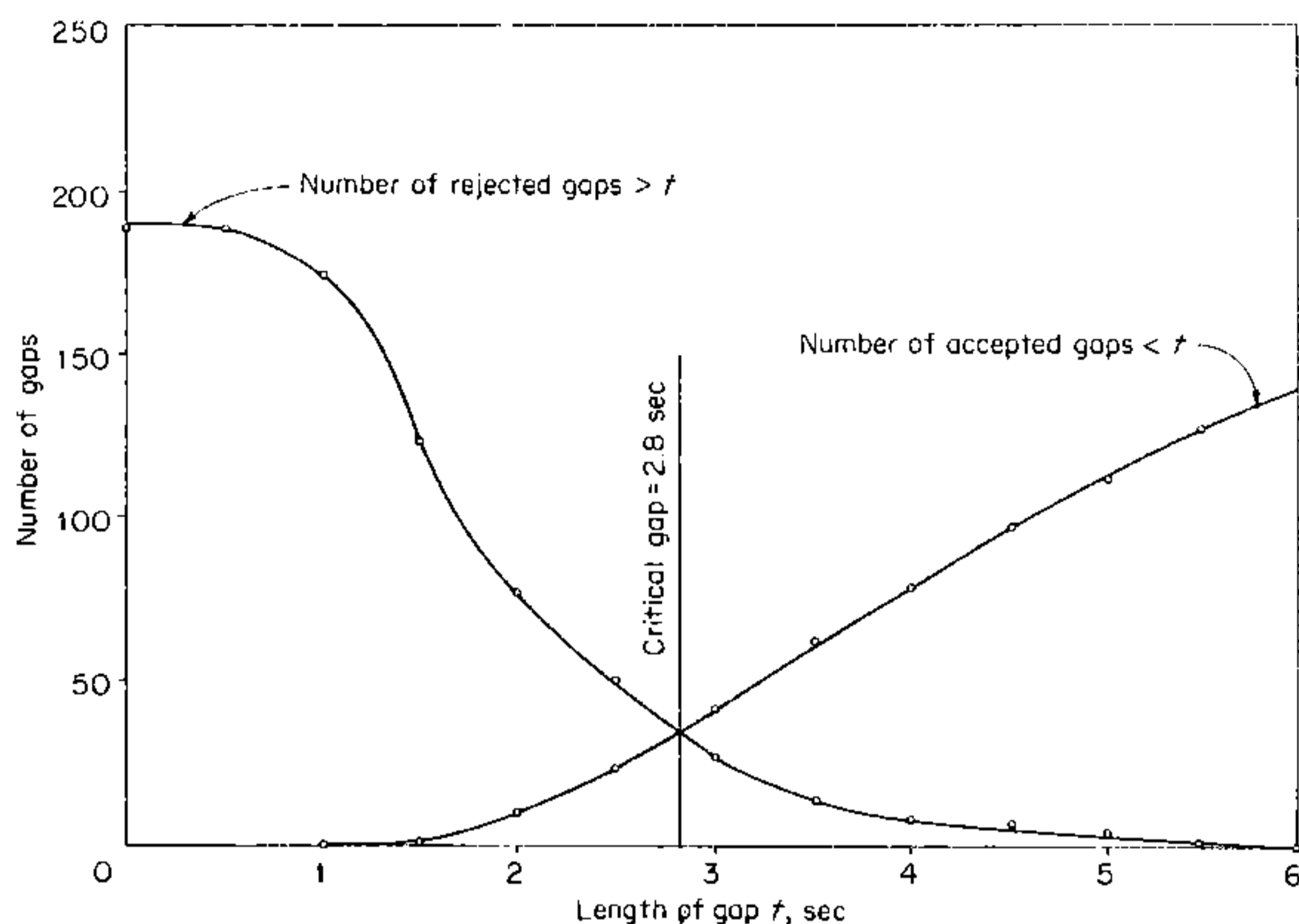
## 2.5 問題特性分析

為瞭解快速道路匝道與平面道路連接處交織區段之交通特性，本研究選取台北市建國快速道路及新生快速道路進行資料蒐集作業。調查項目包括：

- 一、快速道路下匝道車輛速率、流量及轉向量。
- 二、平面道路車輛之速率及流量。
- 三、下匝道與平面道路交織區段車輛之速率。

調查地點及時間之選定如下：

- 一、新生快速道路長安東路南向下匝道，調查日期為81年11月11日，上午9 時30分至11時。
- 二、建國快速道路民權東路北向下匝道，調查日期為81年11月27日，



Length of gap $t$ , sec	Stopped vehicles		Moving vehicles		All vehicles	
	Accepted gaps $< t$	Rejected gaps $> t$	Accepted gaps $< t$	Rejected gaps $> t$	Accepted gaps $< t$	Rejected gaps $> t$
0.0	0	100	0	89	0	189
$\Delta t = 0.5$	0	100	0	89	0	189
1.0	0	95	0	80	0	175
1.5	0	71	1	52	1	123
2.0	2	49	7	27	9	76
2.5	11	34	$a = 13$	$c = 16$	$a = 24$	$c = 50$
3.0	$a = 15$	$c = 20$	$b = 26$	$d = 7$	$b = 41$	$d = 27$
3.5	$b = 23$	$d = 10$	38	4	61	14
4.0	32	5	46	3	78	8
4.5	41	4	55	3	96	7
5.0	48	2	63	2	111	4
5.5	57	0	70	1	127	1
10.0	100	0	106	0	206	0

$$\text{Critical gap } T = t + \frac{(c - a)\Delta t}{(b + c) - (a + d)}$$

$$T (\text{stopped}) = 3.1 \quad T (\text{moving}) = 2.5 \quad T' (\text{all}) = 2.8$$

資料來源：[25]

圖 2-4 臨界間距圖解法

下午2 時10分至3 時40分。

三、建國快速道路南京東路北向下匝道，調查日期為81年2 月25日，下午2 時30分至5 時。

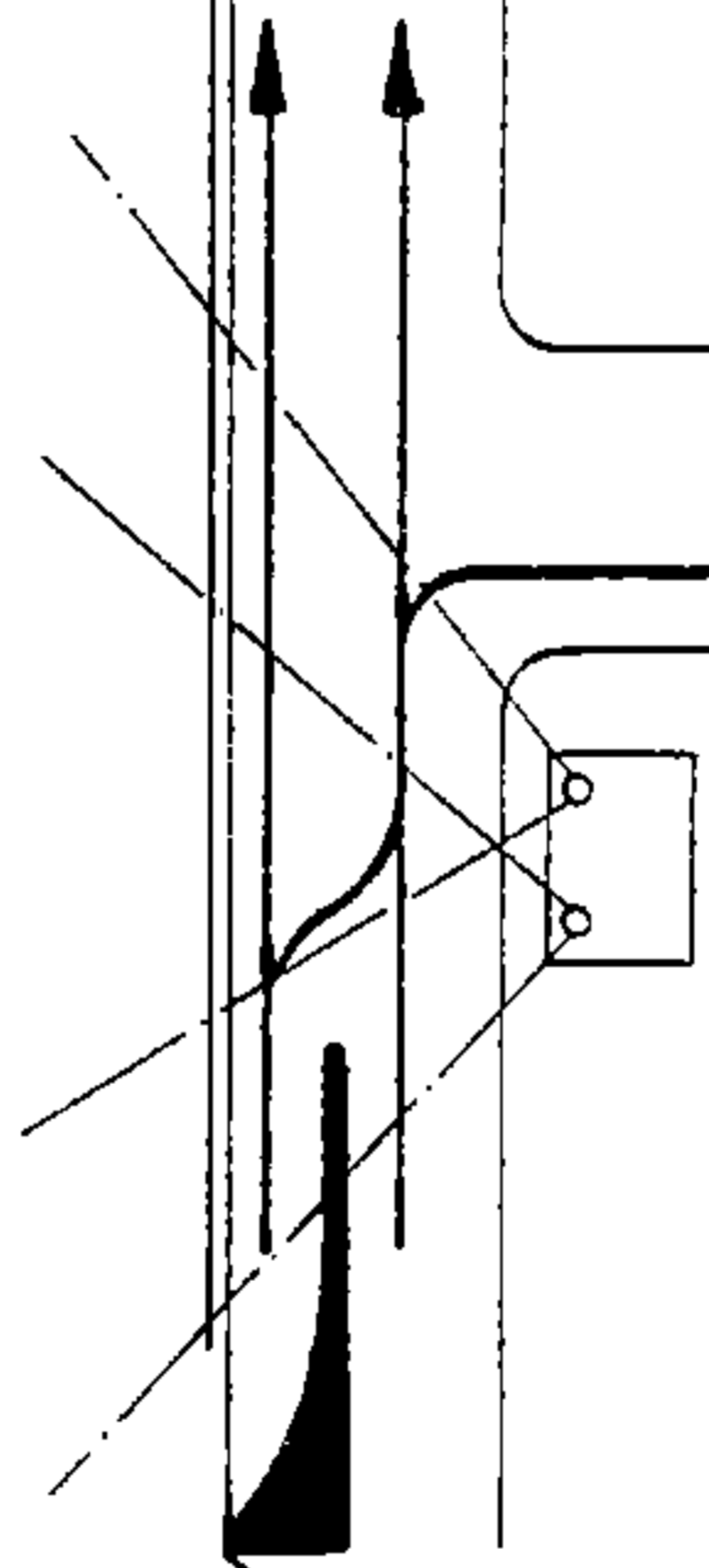
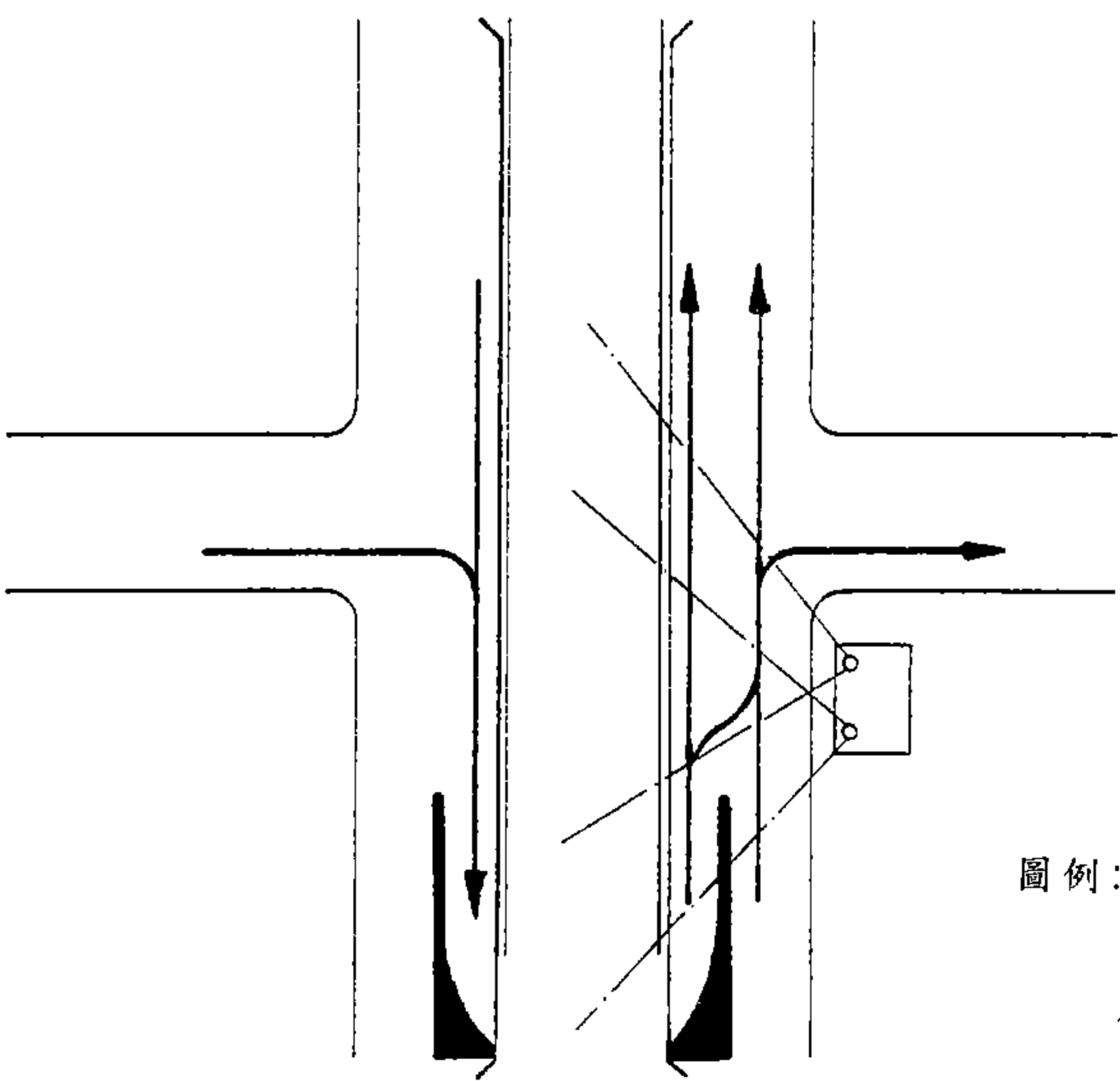
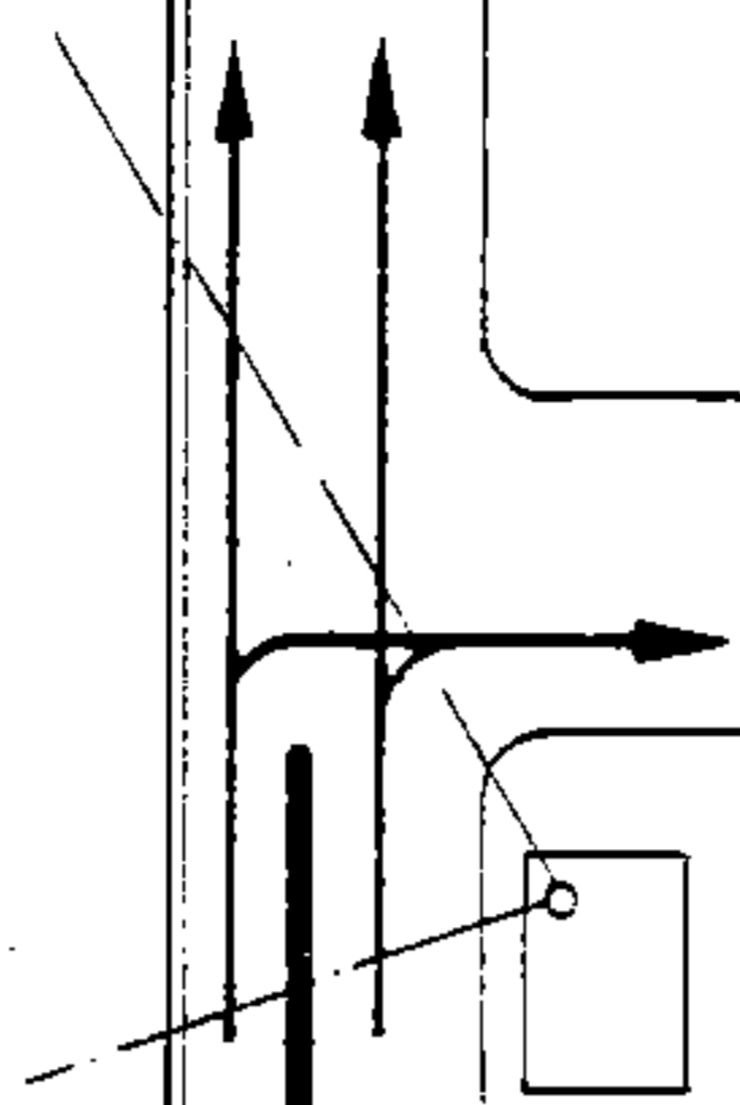
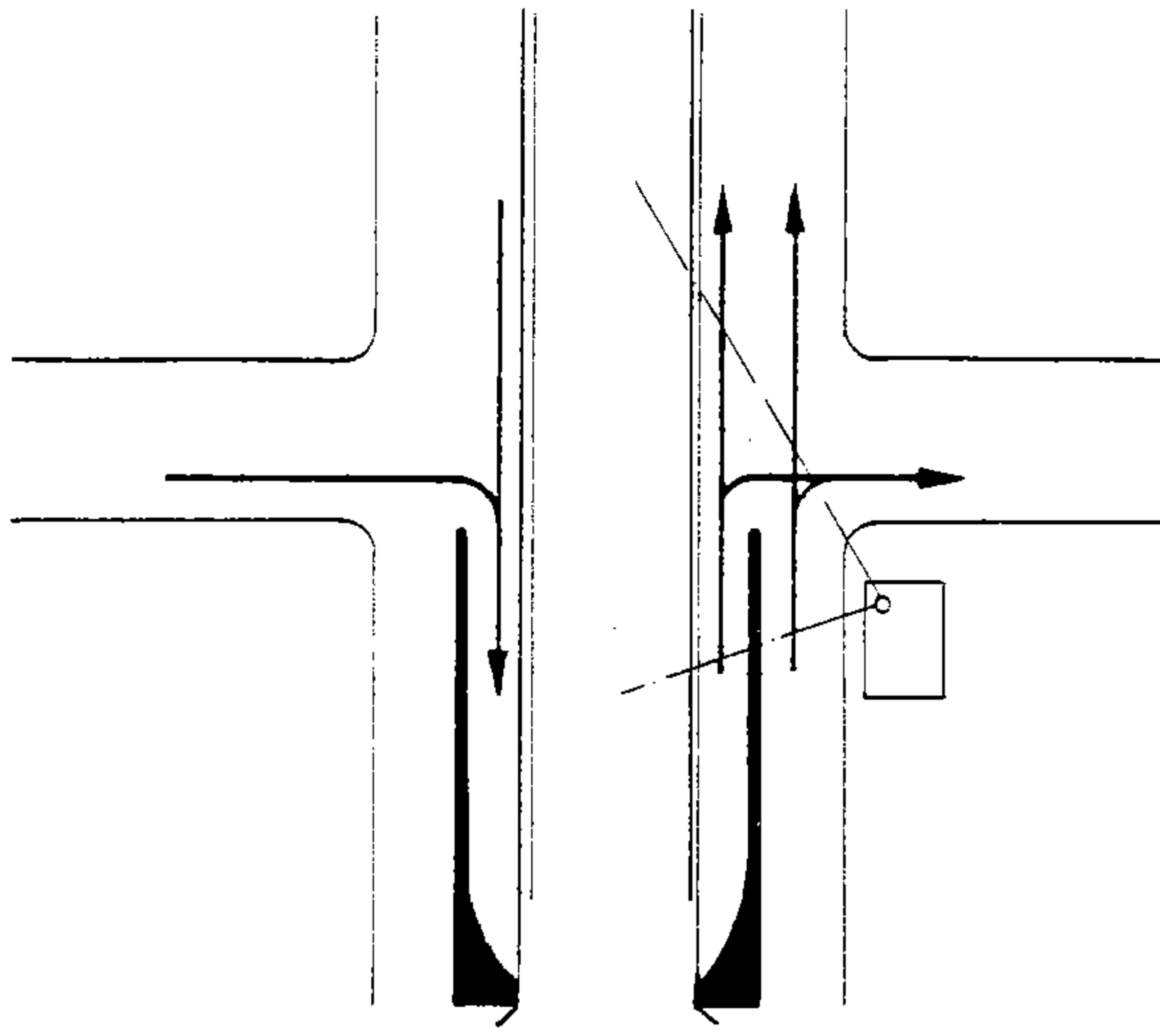
四、建國快速道路長安東路北向下匝道，調查日期為81年11月26日，下午2 時至3 時。

調查位置之選定以匝道地區鄰近之適當大樓頂樓為主，並以攝影方式進行 攝影機採同步作業，其涵蓋範圍如圖2-5 所示。所需之器材包括攝影機、腳架、廣角鏡頭及錄影帶等。茲就調查蒐集得之資料分析如后：

#### 一、流量分析

流量調查資料內容包括各調查地點之下匝道流量、平面道路流量及下匝道車輛行至下游路口之轉向量。下匝道轉向量對交通造成之干擾程度以右轉車流最為嚴重，此乃因右轉車輛行經交織路段時，須於有限距離內變換二至三個車道完成右轉行為，使該路段之交織行為益顯複雜。

流量分析結果彙整如表2-3 所示。由該表知，各地點下匝道車輛右轉比例均達35%以上，遠較一般路口為高，經以詹益焜建立之下匝道右轉車輛在自由交織情況下，可順利右轉機率之迴歸模式 [16] 推算亦顯示三個調查地點的下匝道右轉車輛可順利右轉比例均小於40%，其中建國北路北向南京東路下匝道之比例只得16%，問題甚為嚴重，此外該地點調查時段內，因交織行為嚴重影響到下匝道車輛運行致呈現擁擠車流現象，其流量較民權下匝道為低。此情形表示研判匝道地區交通問題時，尚需配合其他交通資料分析，單以流量不足以正確判斷其嚴重程度。



圖例：○ 攝影機位置

> 拍攝範圍

圖 2-5 調查位置配置圖

表 2-3 調查地點流量分析資料表

地 點	流 量 (輛/小時)			下匝道右轉車輛 佔總流量之比例 (%)	下匝道右轉車輛中可 順利右轉比例 (%) * f (v)
	下匝道	平面道路	下匝道右轉		
建國北路北向 民權下匝道	1577	1014	816	52	35
建國北路北向 南京下匝道	806	1448	304	38	16
建國北路北向 長安下匝道	1801	198	—— **	—— **	—— **
新生北路南向 長安下匝道	578	948	254	44	40

1907492

[註]：\*  $f(v) = \frac{1907492}{V^{2.2417}}$ ，V = 平面道路流量 [16]

\*\* 該調查地點無交織區段，且長安東路為由東向西單行道，故無右轉車輛。

## 二、速率分析

速率調查內容包括下匝道路段平均行駛速率、平面道路路段平均行駛速率與交織路段平均行駛速率等三項，茲將各調查地點之資料整理如表2-4 所示。

表 2-4 調查地點速率分析資料表

平均旅行速率* 地 點	調查位置	下匝道	平面道路	交織路段
建國北路北向民權下匝道		25.7	15.3	11.3
建國北路北向南京下匝道		8.7	13.0	7.6
建國北路北向長安下匝道		27.4	30.9	——
新生北路南向長安下匝道		49.3	42.1	27.2

\* 單位為公里／小時

由表2-4 知交織路段平均行駛速率因受車輛交織之影響，遠低於下匝道路段與平面道路路段之平均行駛速率。茲依台灣地區公路容量手冊 [7]對於市區幹道之服務水準分級標準，劃分各路段服務水準等級彙整如表2-5 所示。

表 2-5 路段服務水準彙整表

服務水準 調查位置 地 點	下匝道	平面道路	交織路段
建國北路北向民權下匝道	D	F	F
建國北路北向南京下匝道	F	F	F
建國北路北向長安下匝道	C	C	——
新生北路南向長安下匝道	A	B	C

表2-5 顯示，建國北路北向南京下匝道地區之服務水準皆為F級，壅塞程度極為嚴重。就交織路段而言，除新生北路南向長安下匝道之服務水準為C級外，其餘二者亦皆為F級，顯示流量較大時，車輛之交織行為對車流影響甚鉅。

## 2.6 綜合評析

都市快速道路為一近似高速公路型態，服務都會區內旅次之高效率、高運量道路，其與高速公路之差異，除設計標準不同外，主要乃因匝道臨近交通頻繁都市幹道，致使平面道路交通與快速道路上下匝道車流干擾情形較高速公路匝道地區複雜。依據本研究之實際調查發現，台北市快速道路匝道地區之服務水準已趨惡化，部份地區在離峰時段，即已達E級或F級，歸納其原因，除車輛大幅成長外，匝道地區現行之規劃設計與管制措施不盡理想，亦為重要之影響因素。然從

文獻回顧過程中發現，過去研究多以高速公路為對象，甚少針對以快速道路之問題進行探討；匝道地區之分析亦僅偏重於道路之幾何設計與匝道儀控策略，對於基本之匝道配置問題則未見提及。以下即針對匝道相關研究內容中未盡完備處加以說明：

### 一、匝道配置規劃

1. 匝道配置候選方案中，匝道位置與型式的決定，大都憑藉專家判斷，較不具客觀性。
2. 快速道路與匝道配置之評估方法，僅就規劃觀點考量，對於匝道設置後對平面道路所造成的衝擊則未納入分析考慮，因而造成部份匝道地區道路服務水準惡化之結果。
3. 相關文獻中對於匝道型式皆僅止於概要說明及界定，對於各型式之適用情形及選擇型式所應考慮之因素則未見詳盡研究。
4. 現今之研究亦無針對匝道配置之完整分析程序，使其客觀性受到質疑。

### 二、匝道幾何設計

1. 目前匝道地區之幾何設計，較偏重於快速道路——匝道連接處與匝道道路兩部份，對於匝道——平面道路連接處之幾何設計，仍未見詳細具體之分析。
2. 目前匝道地區之設計準則仍多以工程考量為主，並未配合交通特性作進一步規範。

### 三、匝道交控策略

1. 匝道地區號誌系統之影響層面，除平面道路外，於尖峰時段甚且可能漫延至快速道路主線車流。若設計不良，可能對平面道路與快速道路車流皆造成嚴重延滯，惟在過去研究中除英國建立之TRANSYTMERGE模式外，皆未見深入探討，然英國匝道地區之交通環境與國內迥異，無法全盤引用。
2. 目前匝道地區之交控策略，因受限於匝道地區之硬體設施，功

能未能充份發揮。

#### 四、其他相關課題

1. 國內外進行交織區段相關研究已有相當長遠的歷史，惟其研究對象皆以高速公路為主，對於匝道 — 平面道路連接處交織區段之分析，未見深入探討。
2. 國內有關接受間距之研究，大都著重於交叉路口轉向車輛，至今仍未見交織區段之接受間距分析，惟其研究分析方法仍可供本研究參考。

# 第三章 匝道特性分析與配置分析流程

## 3.1 匝道特性分析

都市快速道路匝道配置，受限於都市地區之土地取得困難、基礎設施及建物均已充份發展等因素，無法採用迴轉式、左彎式等較複雜的匝道設計型式，使其在型式選擇上較高速公路缺乏彈性。一般都市快速道路匝道型式可分別就出入口所在街道 [2] 及匝道出入口在平面道路之位置不同加以區分，茲就此二種區分方式所劃分匝道型式之特性彙整說明如下：

一、出入口位置：依匝道出入口所在街道之不同，可將匝道型式歸納為兩大類：

1. 直接式：匝道與平面道路連接處位於快速道路所處之平面道路 (Frontage Road) 上。該型式之匝道依其與快速道路連接處之差異，可區分為兩類：

(1) 側方式：匝道與快速道路之連接處位於主線之外側車道，如圖 3-1 (a) 所示。

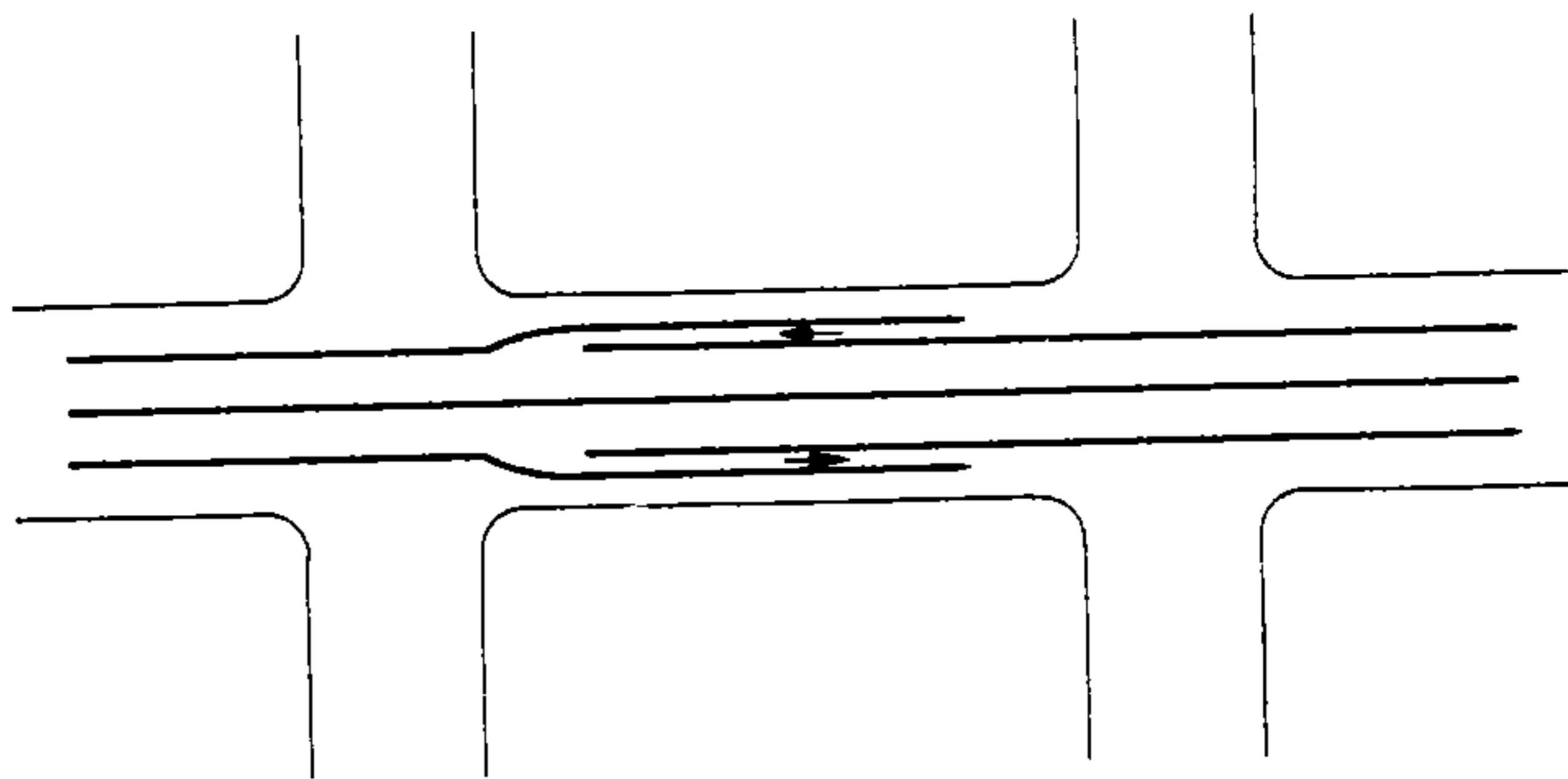
(2) 中央式：匝道與快速道路之連接處位於主線之內側車道，如圖 3-1 (b) 所示。

側方式與中央式匝道配置方式主要影響快速道路之主線設計，對於匝道配置並無太大影響，基本上直接式匝道具有下列特性：

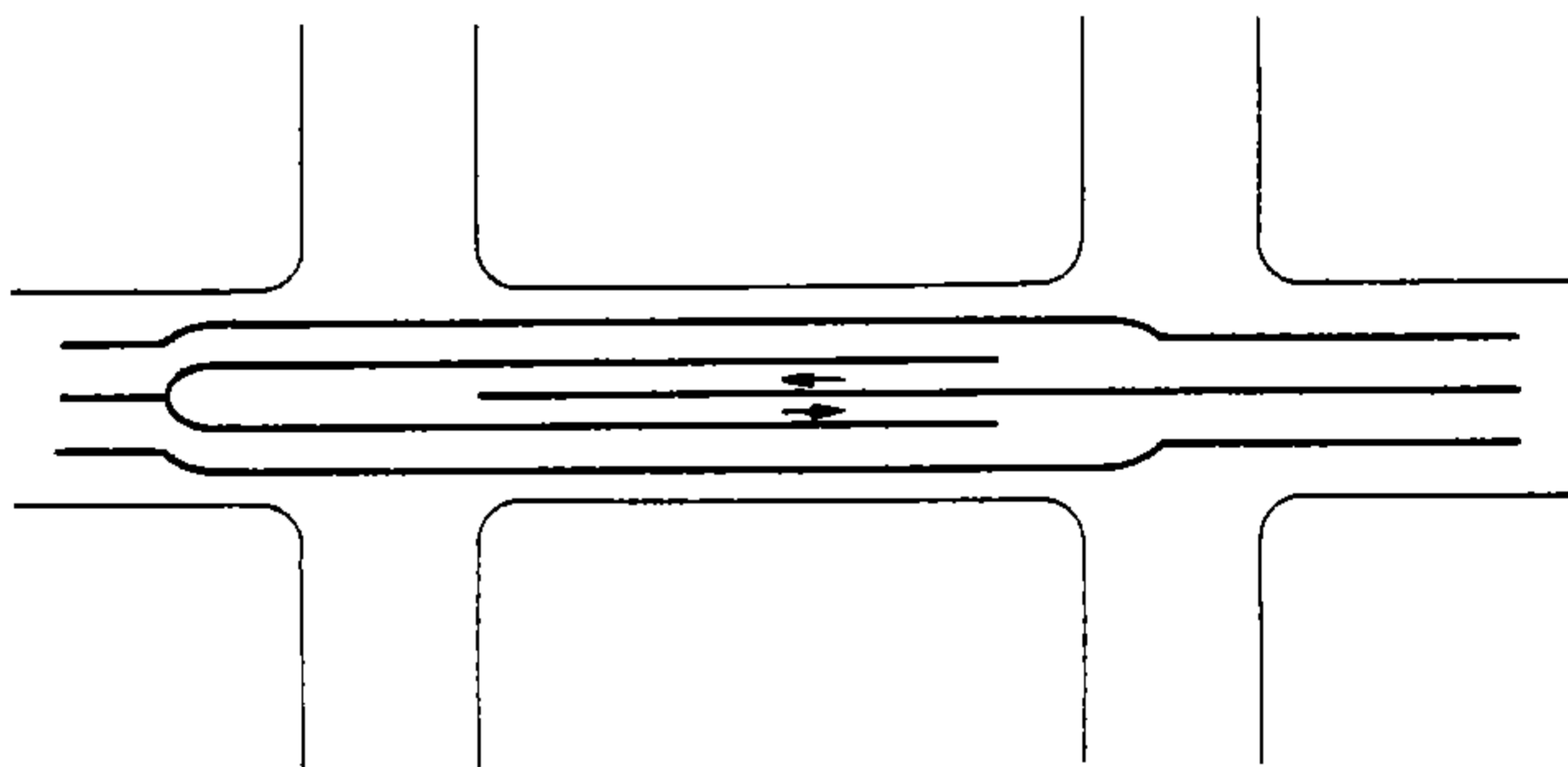
(1) 所處平面道路具有足夠寬度時，就幾何設計觀點而言，該型式為一較簡易之配置方式。

(2) 所處平面道路之服務水準較相交道路為佳，或直行上下匝道車輛比例偏高時，可減少車輛延滯的產生。

2. 右彎式：匝道與平面道路連接處位於與快速道路相交之道路上，如圖 3-2 所示。該型式匝道具有下列特性：



(a) 側方式



(b) 中央式

圖 3-1 直接式匝道示意圖

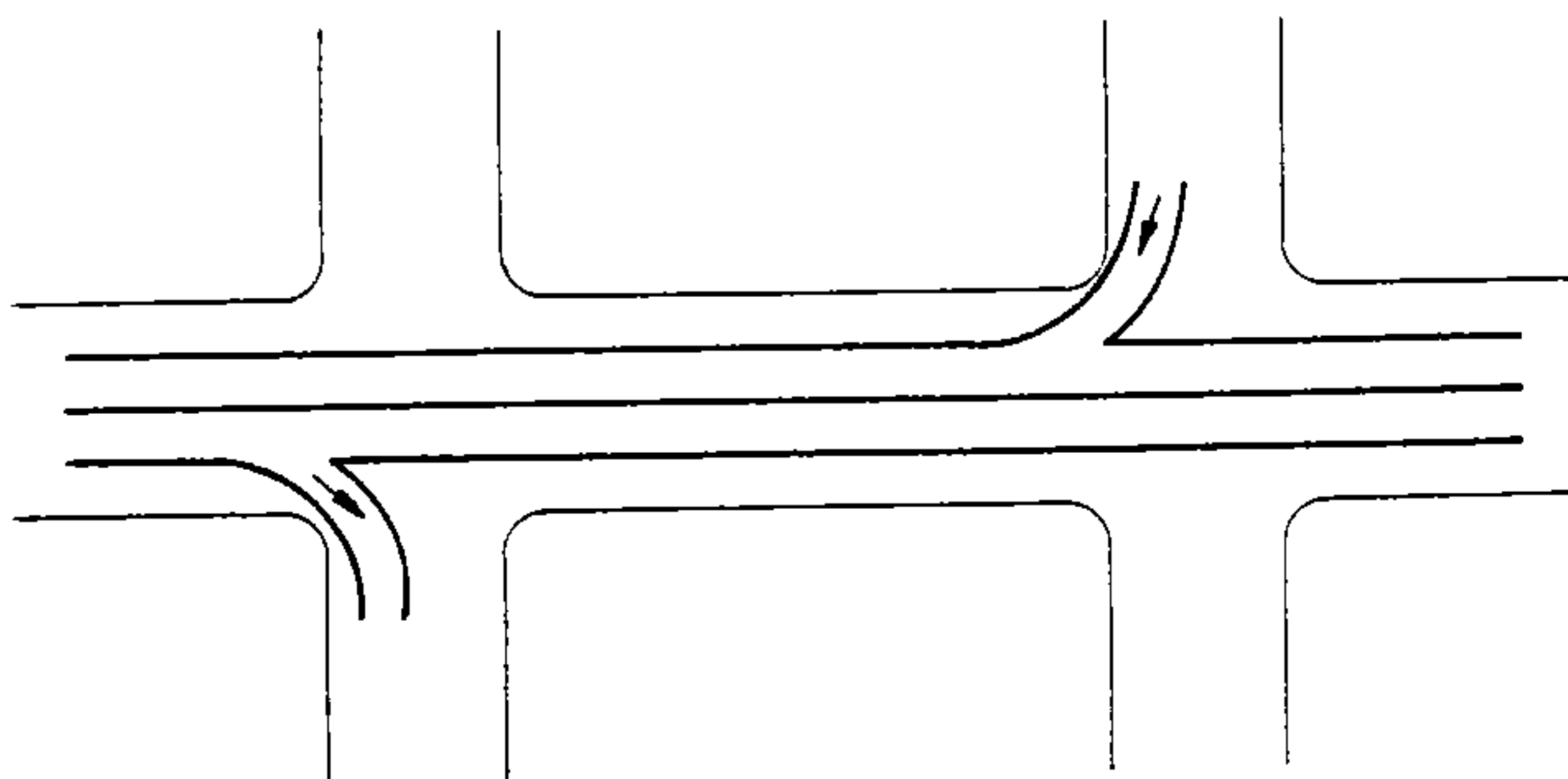


圖 3-2 右彎式匝道示意圖

(1) 若所處平面道路之寬度不足，且相交道路具有足夠寬度時，可採該型式之配置方式。

(2) 若相交道路之服務水準較所處平面道路為佳，或右彎上下匝道車輛比例偏高時，可減少車輛延滯。

由上述說明可知依出入口位置劃分之兩種匝道型式取決於平面道路之幾何條件與交通特性，茲將此二類型之適用情形整理如表3-1 所示。

表3-1 直接式／右彎式匝道型式適用情形表

因 素 \ 型 式		直 接 式	右 彎 式
幾 何 條 件	所處平面道路寬度	足 夠	不 足
	相交道路寬度	不 足	足 夠
交 通 特 性	服 務 水 準	所處平面道路較佳	相交道路較佳
	上下匝道轉向比例	直行比例較高	右轉比例較高

二、匝道出入口在平面道路之位置：依匝道出入口與平面道路連接位置之差異，本研究嘗試將匝道型式區分為兩類：

1. 路口型：匝道出入口鄰近相交之平面道路，如圖3-3 所示。該型式匝道具有下列特性：

- (1) 匝道車流與平面道路車流完全分隔，車流動線簡單。特別在匝道 — 平面道路連接處若時相設計得宜，可減少匝道與平面道路衝突，提昇其安全性。
- (2) 在匝道 — 平面道路連接處採此種配置型式，可將匝道視為一臨近路段(Approach)，較易依傳統號誌設計方式進行設計，以完全分隔匝道與平面道路車流。
- (3) 於匝道 — 平面道路連接處採此設計方式並配合號誌管制時，可依匝道車輛到達率調整時制計畫，使匝道車輛不致回堵至快速道路；但因增加一臨近路段需較多時相數，可能增加路口的固定延滯。
- (4) 上下匝道轉向比例偏高時，若平面道路之車流量較大，採用路口型匝道可有效減少車輛交織所產生的延滯。

2. 路段型：匝道出入口位於快速道路所處平面道路中段，即匝道不屬於路口型者，可歸類為路段型匝道，如圖3-4 所示。該型式匝道具有下列特性：

- (1) 進出匝道車輛可於匝道 — 平面道路連接處之交織區段內，利用平面道路車流之間距進行交織行為。於低流量情況下，可減少因號誌所產生之交織延滯；然而於高流量時，車輛自由交織行為易增加交織延滯，同時亦因衝突點的增加致使安全性降低。
- (2) 倘號誌設計不當，易使下游路口之車輛回堵至匝道出口，因而增加匝道車輛之延滯，甚至影響快速道路主線車流。
- (3) 當上下匝道車流量不高或平面道路流量偏低時，可充分利用匝道地區之道路容量。

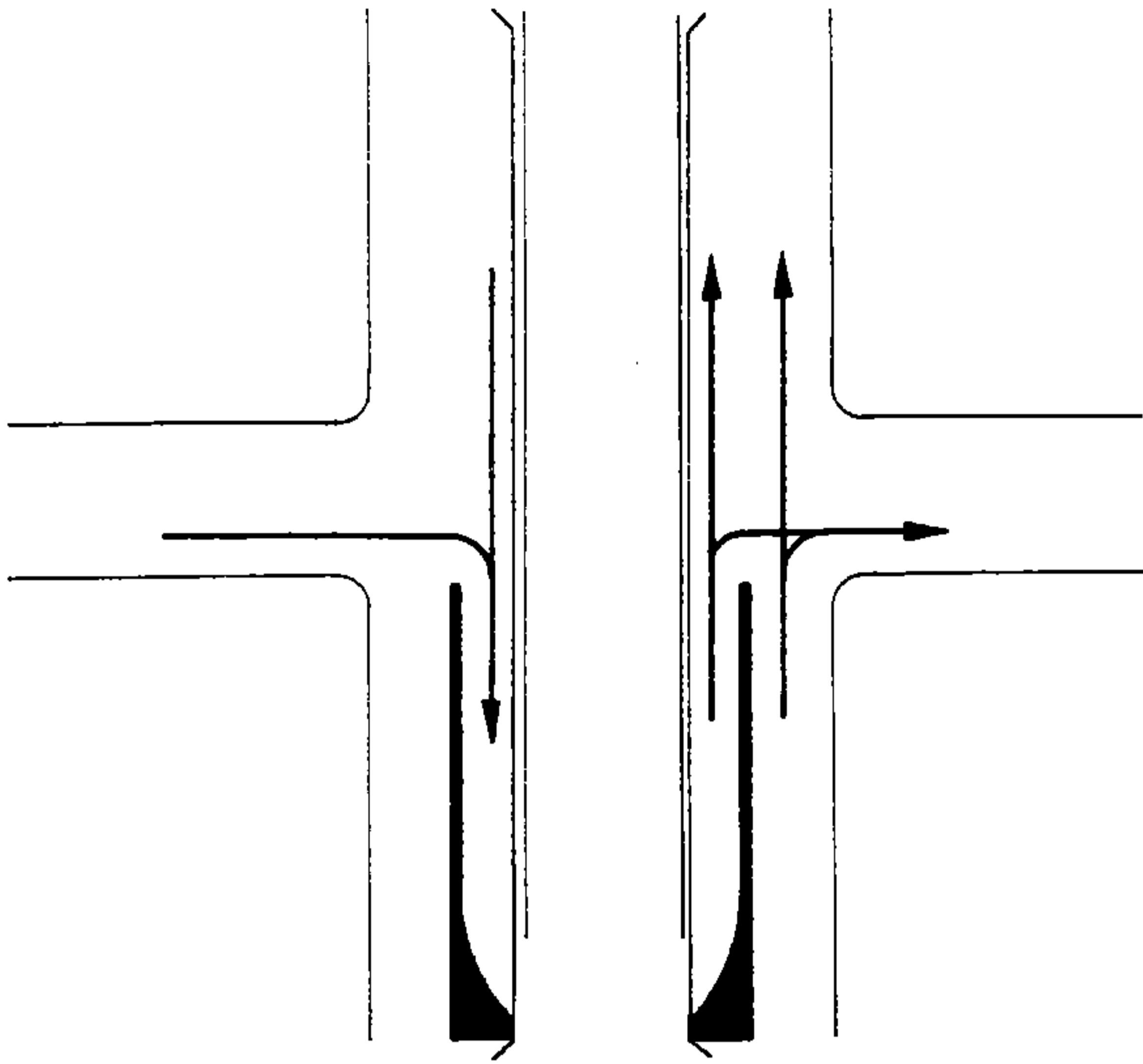


圖 3-3 路口型匝道示意圖

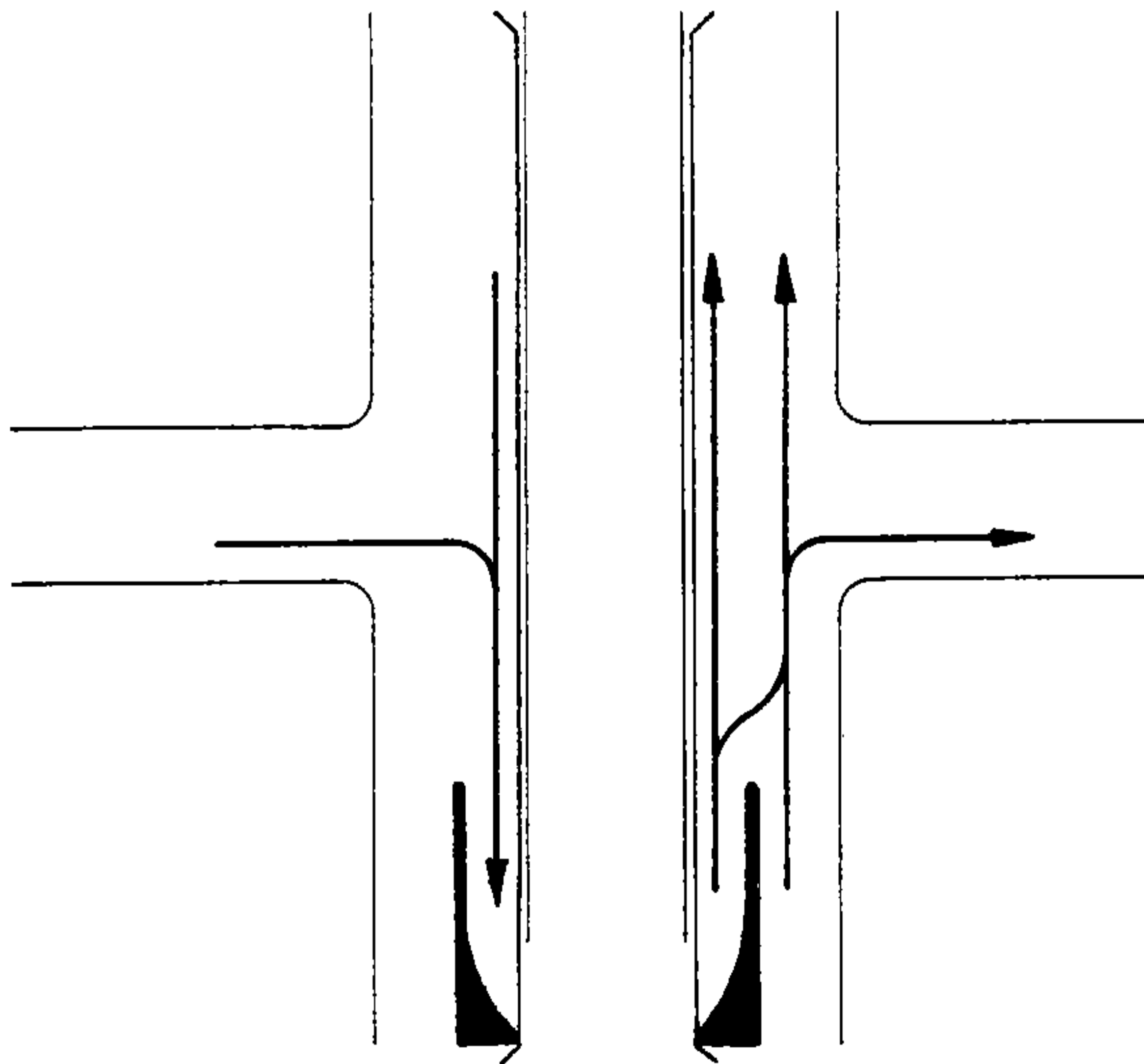


圖 3-4 路段型匝道示意圖

由上述說明可知依匝道出入口與平面道路連接位置劃分的兩種匝道型式，主要取決於匝道地區之各路段流量特性，尤其在匝道 — 平面道路連接處更形明顯，故將此二類型之下匝道適用情形整理如表3-2所示。

表3-2 路口型／路段型 下匝道型式適用情形表

因素 \ 型式	路 口 型	路 段 型
平面道路流量	多	少
匝道右轉比例	多	少

綜合上述兩種分類方式，可知在進行都市快速道路匝道配置時，一匝道候選區域可能採取的匝道設計方案共有下列八種類型，此即為本研究後續分析之類型：

- 一．直接式路口型上匝道。
- 二．直接式路段型上匝道。
- 三．右彎式路口型上匝道。
- 四．右彎式路段型上匝道。
- 五．直接式路口型下匝道。
- 六．直接式路段型下匝道。
- 七．右彎式路口型下匝道。
- 八．右彎式路段型下匝道。

現今台北市各快速道路之匝道型式綜合整理如圖3-5 所示，其中計有直接式路口型上匝道21處、直接式路段型上匝道 2處、直接式路口型下匝道18處、直接式路段型下匝道11處、右彎式路口型下匝道 2

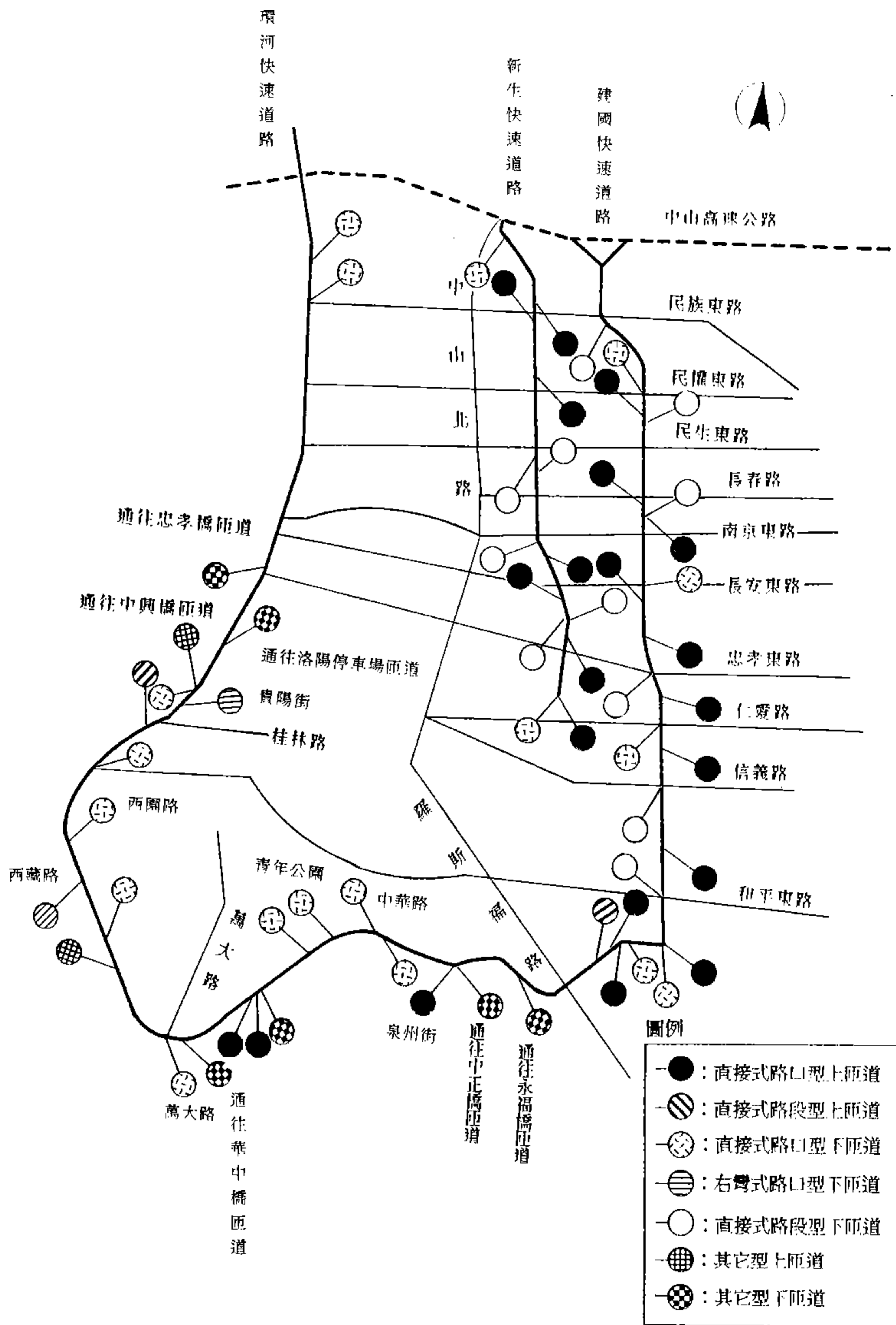


圖 3-5 台北市快速道路匝道示意圖

處、其他型式上匝道 2 處、其他型式下匝道 2 處。

### 3.2 匝道配置分析

匝道配置分析一般包括設置地點及設置型式選擇兩部份，藉由前述的文獻評析及相關特性分析，可歸納出匝道配置分析之影響因素如下：

#### 一、需求型態

匝道為快速道路與平面道路之連接介面。若設置過少，易造成使用快速道路之不便，使道路功能無法有效發揮；若設置過多，則易對主線車流干擾，造成延滯增加，而需求型態即為影響配置分析之主要因素。匝道的設置與否，需考慮附近之交通需求，匝道型式之選擇亦需考慮上下匝道車輛流向，以使上下匝道之配置得以兼顧效率與經濟兩層面。

#### 二、幾何條件

幾何條件係進行匝道配置分析之絕對條件，若匝道候選地點不符相關幾何條件的規定，縱使其需求型態符合設置標準，亦無法在該地點設置匝道。相關設計規範[9,11]中有關匝道配置之條件如下：

1. 匝道最大縱坡度。
2. 匝道最小曲線半徑。
3. 匝道寬度。
4. 匝道長度。

#### 三、連續匝道鼻端距離

上下匝道車輛在快速道路運行時，極易產生交織行為，若兩匝道間之距離過短，易使車輛於交織區段中產生過多交織延滯，而使快速道路功能受到影響，因此在匝道設計之初，即應將連續

兩匝道間之鼻端距離限制納入考慮。

#### 四、交織區段長度

匝道地區包含快速道路 — 匝道連接處與匝道 — 平面道路連接處兩處交織區段。在相同的流量下，若交織區段範圍愈大，則可因車輛交織空間的加大而提昇其服務水準，因此在規劃過程中，有必要就規劃流量進行交織區段長度分析，以免因交織區段的設計不當造成瓶頸。

#### 五、號誌系統

都市快速道路匝道地區的一大特色在於其與部份重要平面道路相連接，其中路權的分配則需透過交通號誌系統控制。若匝道地區號誌系統設計不良，易造成快速道路的壅塞及平面道路車輛的延滯，因此在進行位置分析時，可考慮先行將匝道地區之號誌系統納入分析程序，以瞭解號誌系統之可能影響，期能有效處理匝道地區壅塞問題。

以往都市快速道路匝道配置分析，大都憑藉專家學者就需求型態及幾何條件進行判斷，未能將上述影響因素中之交織區段長度與號誌系統部份予以明確考慮，因此本研究擬藉由客觀分析，評估匝道設置位置與設置型式，同時將匝道地區之交控策略納入考慮，為爾後的交控手段預留空間，此外亦在規劃階段即對匝道配置後之影響，進行服務水準的初步評估，使匝道地區不致因為先天規劃設計的不當，導致後來交通惡化之結果。在分析過程中，匝道位置、型式與交控策略具相互影響關係，若將其同時考量易使整個問題複雜化，甚至無法獲得結果，基於上述各項考慮，本研究將都市快速道路匝道配置分析概分為初選分析、配置分析及操作分析三階段，提出一分析流程如圖3-6所示，各階段之詳細分析內容如下：

##### 一、初選分析階段

本階段之主要目的在於都市快速道路可能路線確定後，就規劃設計觀點提出匝道之可能設置位置與型式，該階段包括下列步驟：

1. 選定匝道候選位置：將都市快速道路可能路線所經過之交叉路口，視為所有可能設置匝道之位置。
2. 絕對條件篩選：將匝道候選位置中，絕對不適合設置匝道之位置剔除，減少產生之可能方案個數，期能更有效分析匝道配置問題。該選擇條件包括下列四項：
  - (1) 街廓長度：藉由立體交叉之淨空、縱坡度及設計速率等幾何條件，推估設置匝道所需之最短街廓長度。
  - (2) 曲線半徑：該條件主要為考慮設置右彎式匝道時採用，倘候選位置之曲線半徑不符合設計標準，則該位置只可考慮設置直接式匝道。
  - (3) 用地：倘匝道候選位置之土地面積不符合設置匝道所需之用地，則該位置應予以剔除。本研究在該條件中僅提出量化程序，考慮衡量用地時之匝道寬度、長度等因素。
  - (4) 相鄰街道設置分析：考慮該匝道位置鄰近街道之配置情形，以免因相鄰街道無法充分配合，提供合適之車輛動線，致使匝道設置之功能不彰。
3. 鼻端距離限制：藉由「公路路線設計規範」對於快速道路匝道連續鼻端距離之限制，摒除不符規定之設置方案。
4. 產生匝道可能設置位置與型式：藉由前述絕對條件篩選、需求型態判斷及匝道鼻端距離限制等步驟的檢核，產生各種上下匝道之可能配置方案，以作為後續階段評估之用。

## 二、配置分析階段

本階段之主要目的在於引入規劃流量，就都市快速道路匝道地區瓶頸所在的交織區段進行匝道配置分析，利用初選階段所得之各可能方案進行分析，獲得合適之匝道配置，該階段包括下列

步驟：

1. 交通量指派：利用前一階段所得各方案之匝道配置位置與型式，採傳統交通量指派模式進行指派，求得快速道路、匝道與平面道路各路段之流量。
2. 交織區段長度分析：包括快速道路 — 匝道連接處交織區段與匝道 — 平面道路連接處交織區段分析兩部份。其中快速道路 — 匝道交織區段係利用「台灣地區公路容量手冊」中服務水準評估公式進行分析；而匝道 — 平面道路交織區段長度分析則利用交織臨界間距分析方法，就安全方面考量交織區段長度，另一方面亦採服務水準評估方式進行分析，以瞭解各交織區段在現今設計條件及規劃流量下，能否滿足服務水準的要求。
3. 匝道型式分析：本步驟主要係就直接式與右彎式兩種匝道型式進行分析，其程序乃依前述分析所得之交織區段長度和績效指標關係式兩模式而得。若兩型式之可設置路段長度皆大於交織區段長度，則針對該路段長度值進行績效分析，以決定一較佳之配置方式，亦即該位置以配置路段型匝道為宜。若其中只有一型式可設置之路段長度大於交織區段長度，則以該型式為匝道之配置方式，且其屬於路段型之匝道型式；若兩型式可設置之路段長度皆小於交織區段長度，則以該路段長度代入績效指標評估模式中，就兩者之指標加以判斷，決定一較佳之配置方式，惟該情形尚需透過操作分析階段中匝道開口位置分析，以決定匝道開口位置。
4. 匝道配置分析：依據上述分析所研擬各項匝道配置方案，藉由評估指標 — 最小總旅行時間之考量，選定較佳之配置方案，以進行後續操作階段之分析。

### 三、操作分析階段

本階段之主要目的在於就上述分析所得之方案進行操作分析

，以確保設計之方案得以滿足服務水準要求，操作分析包括號誌系統及其他交通控制策略之可行性探討，以初步瞭解匝道配置後各路段或路口之服務水準是否滿足要求。該階段涵蓋下列步驟：

1. 控制策略研擬：藉由前述所得之流量及配置型式研擬各項控制策略，據以分析匝道之開口位置。
2. 匝道開口位置分析：引進一綜合績效指標值，並利用前述所研擬之控制策略，就匝道設置位置中可配置路口型與路段型者進行評估，就兩者之績效指標優劣決定最佳配置型式。
3. 服務水準評估：若決定配置方案可滿足相關服務水準要求，即結束分析，否則需重新調整匝道配置方案，找出另一較佳之匝道配置方式。

在整個匝道配置分析流程中，以往之分析方式多只進行初選分析階段之考量，而匝道型式與開口位置之決定，則僅憑藉專家學者之判斷，因此該流程在配置分析階段及操作分析階段，即將此二問題解決，並採服務水準評估方式，瞭解其設置後之衝擊。然於操作分析階段，目前之號誌軟體尚無法有效處理匝道地區問題，且囿於時間與人力，無法在本研究中予以完善分析，故本研究擬就分析流程中之初選分析與配置分析階段進行評估指標的研擬。

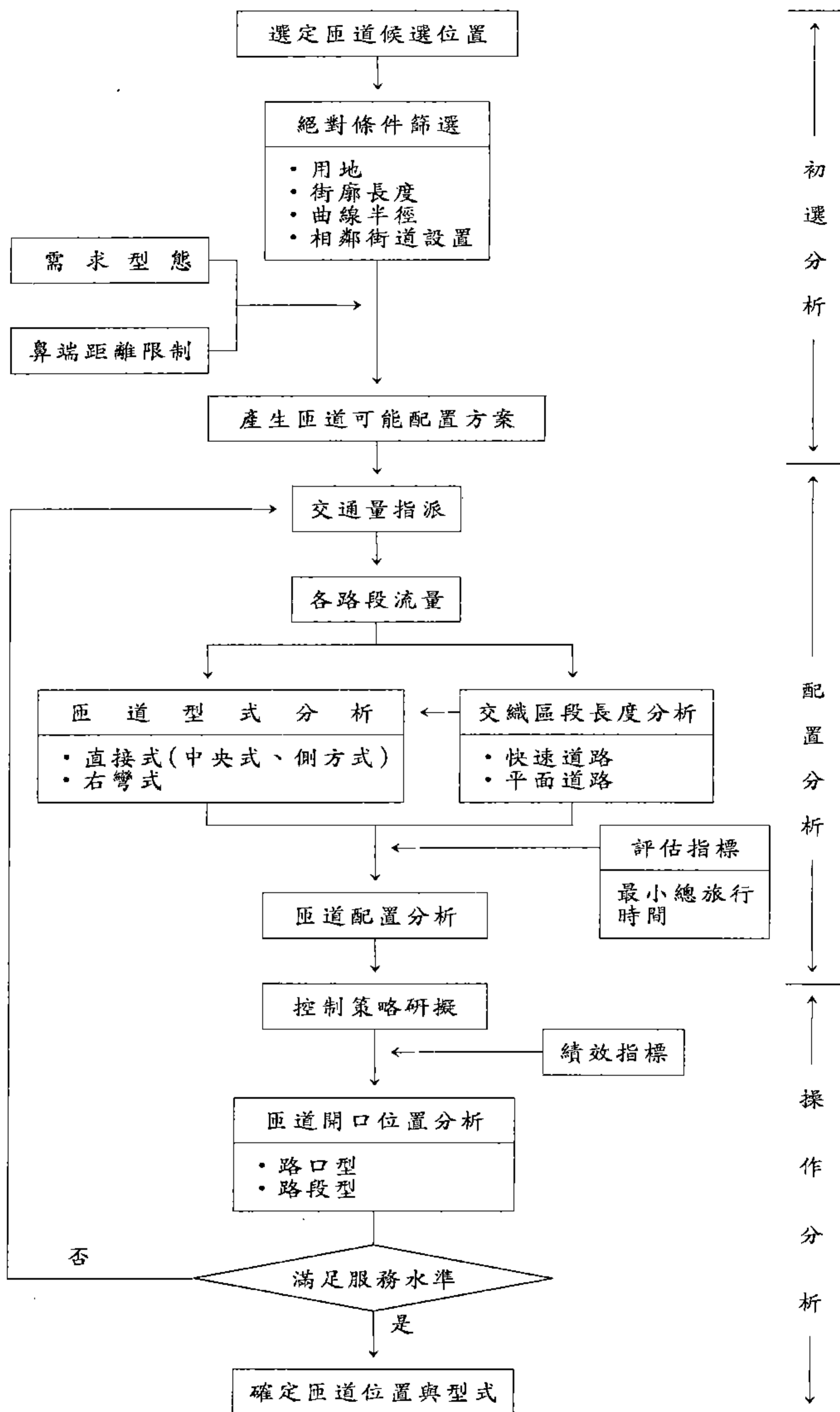


圖 3-6 匝道配置分析流程圖

## 第四章 評估指標之建立

本章主要工作在建立前述分析流程中初選分析階段與配置分析階段中之相關評估指標，並就操作分析階段指標進行初步探討，各階段之相關評估指標分述如下。

### 4.1 初選分析指標

初選分析階段之評估指標包括下列兩項：

#### 一、絕對條件

絕對條件係指考慮設置匝道位置或型式時，必須絕對符合的條件，倘未符合需求，則該地點絕對不得設置匝道。茲就各絕對條件說明如下：

##### 1. 街廓長度

若匝道候選位置之街廓長度過短，以致無法符合相關規定者，則該地點不得考慮設置匝道。依據「公路路線設計規範」[9] 中，對於街廓長度推估之相關限制條件如下：

##### (1) 匝道縱坡度

設 計 速 率 (公里／小時)	25	30	40	50	60	70	80
標準值	7.5	7.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5
最大縱坡度 { (%) 最大值	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.0	6.0

資料來源：[9]

##### (2) 匝道淨高

立體交叉處之路面淨高宜大於4.6 公尺。高速公路之

路面淨高宜大於4.9 公尺。

### (3) 匝道設計速率

匝道的設計速率以匝道連接兩公路中設計速率較高者之低流量平均行駛速率為理想，但視匝道型式，一般採用下列規定〔9〕。

- a. 匝道之設計速率為主線設計速率之50%~85%。
- b. 環式匝道設計速率為主線設計速率之50%，主線設計速率超過80公里／小時時，環道設計速率得降低至40公里／小時。
- c. 半直接式匝道設計速率不低於50公里／小時。
- d. 直接式匝道設計速率不低於60公里／小時。

由上述三基本限制可透過式 (4-1)之計算求得各不同匝道設計速率限制下，所需的最短街廓長度值，如設計速率為50公里／小時，淨高為最小值4.6 公尺時，茲將各不同速率下之最短街廓長度值彙整如表4-1 所示。

$$L = 100 * C / G \quad (4-1)$$

式中，

L：街廓長度（公尺）

C：淨高（公尺）

G：縱坡度（%）

表 4-1 最短街廓長度限制

匝道設計速率（公里／小時）	40	50	60	70	80
最短街廓長度 { 標準值 （公尺） 最小值	77 51	84 54	92 58	102 64	103 75

資料來源：本研究

## 2. 曲線半徑

若匝道候選位置受建築物或其他因素之限制，使右彎式匝道之曲線半徑無法符合規定者，則該地點只可考慮設置直接式匝道。有關曲線半徑之相關規定如表4-2 所示：

表 4-2 匝道曲線半徑相關規定表

內緣半徑 R (公尺)	轉 向 彎 道 超 高 百 分 數 E (%)				
	V d=25	V d=30	V d=40	V d=50	V d=60
500	N C	N C	N C	N C	2.0
400	N C	N C	N C	R C	2.5
300	N C	N C	N C	2.0	3.5
200	N C	N C	N C	2.5	5.0
150	N C	N C	R C	3.5	6.5
120	N C	N C	2.0	4.0	8.0
100	N C	N C	2.0	5.0	R min=115
80	N C	N C	2.5	6.0	
60	N C	N C	3.5	R min=80	
50	N C	N C	4.0		
40	N C	R C	R min=45		
30	N C	2.0			
25	R C	2.0			
20	2.0	R min=25			
	R min=15				

資料來源：[9]

[ 註 ] V d : 設計速率  
 R min : 最小半徑  
 N C : 正常路拱  
 R C : 反向路拱

#### 4. 相鄰街道配置

考慮匝道設置地點及型式時，相鄰街道之配置為一重要的考慮因素，若相鄰街道無法妥善配合，匝道將無法發揮預期功能。因此決定匝道配置位置時，需將車輛上下匝道之行進動線予以考慮。茲列舉各種考慮因素如下：

- (1) 需考慮較大車流流向，以免增加車輛之總旅行時間，如下匝道直行車輛較多時，則不宜採右彎式匝道設計，以免增加直行車輛額外的繞行時間。
- (2) 若平面道路採單行道設計時，則匝道配置需妥善考慮其動線規劃，以免影響匝道之進出。
- (3) 若與快速道路相交時，儘量在該位置設置匝道，一方面可增加其服務性；另一方面車輛可利用相交快速道路所提供之迴轉道進行轉彎行為。

#### 二、鼻端距離

鼻端距離係指快速道路上兩匝道鼻端之距離，若兩匝道鼻端距離過短，即須改變配置方式，在「公路路線設計規範」中之相關規定如表4-4 所示：

表 4-4 匝道鼻端距離相關規定表

主線設計速率 (公里/小時)	50	60	70	80	90	100	110	120
標準值	110	135	155	180	200	220	245	270
最小距離 $L_r$ { (公尺) 最小值	75	90	105	120	135	150	165	180

資料來源：[9]

### 3. 用地

此條件為考慮設置匝道所需之最小用地面積，若匝道候選位置之用地無法符合此要求，則該地點即應剔除。影響匝道用地的兩項直接因素為其長度與寬度，匝道長度限制同前街廓長度限制值，而匝道路面寬度之相關規定如表4-3所示。此外，尚需參考各項相關法規，決定匝道地區之路權範圍，以作為用地大小之考慮依據。

表 4-3 匝道路面寬度相關規定表

內緣半徑 (公尺)	單 車 道 路 面			單車道路面加路肩			雙 車 道 路 面		
	P	S U	W B 40	P	S U	W B 40	P	S U	W B 40
≥ 200	3.7	4.2	4.3	5.2	5.7	6.2	7.3	7.8	8.0
150	3.8	4.3	4.4	5.3	5.8	6.3	7.4	7.9	8.1
135	3.8	4.3	4.4	5.4	5.9	6.4	7.5	8.0	8.2
120	3.8	4.3	4.4	5.4	5.9	6.4	7.5	8.0	8.3
100	3.8	4.4	4.5	5.4	5.9	6.5	7.5	8.1	8.4
80	3.8	4.4	4.6	5.5	6.0	6.6	7.6	8.2	8.6
70	3.9	4.5	4.7	5.6	6.1	6.7	7.7	8.3	8.7
60	4.0	4.5	4.7	5.6	6.1	6.8	7.7	8.4	8.9
50	4.1	4.6	4.9	5.7	6.2	7.0	7.8	8.5	9.1
45	4.2	4.6	4.9	5.8	6.3	7.0	7.9	8.6	9.2
40	4.3	4.7	5.0	5.9	6.4	7.2	8.0	8.7	9.4
35	4.4	4.8	5.2	6.0	6.5	7.3	8.0	8.9	9.6
30	4.5	4.9	5.3	6.1	6.6	7.5	8.2	9.0	9.9
25	4.7	5.0	5.5	6.3	6.8	7.7	8.5	9.3	10.2
20	4.0	5.2	5.8	6.5	7.1	8.1	8.9	9.6	10.8
15	5.5	5.5	6.4	6.8	7.5	8.7	9.5	10.2	11.8

資料來源：[9]

[註] P：小客車  
S U：貨車  
W B 40：中型半聯結車

- 連續出口及連續進口匝道最小距離為  $L_r$ 。
- 出口匝道後連接進口匝道最小距離為  $L_r/2$ 。
- 進口匝道後連接出口匝道（交織距離依交織路段交通量而定）最小距離為  $2L_r$ 。

初選分析階段中之各評估指標皆屬絕對條件，亦即若不符合條件，即不得在該處設置匝道。

## 4.2 配置分析指標

配置分析階段之評估指標，主要在於交織區段之相關分析，交織區段係指提供兩股以上同方向行駛之車流，以變換車道方式達成互相穿越目的之路段。快速道路匝道地區之交織區段包含快速道路 — 匝道連接處與匝道 — 平面道路連接處兩處，以下茲就快速道路 — 匝道連接處交織區段、匝道 — 平面道路連接處之交織區段指標分別說明之。

### 4.2.1 快速道路 — 匝道連接處交織區段長度分析指標

快速道路 — 匝道連接處交織區段，係指在快速道路上下匝道附近提供車流互相穿越之地點，如圖4-1所示。建立分析指標之目的在於評估規劃流量於各交織區段長度下之服務水準，交織區段長度分析與前述之連續匝道鼻端距離限制頗為相似，惟於考慮連續匝道鼻端距離時，未將規劃流量中服務水準的觀念納入考慮，可能導致雖符合鼻端距離限制，但其服務水準卻無法滿足要求之情形，因此本研究希望藉由此一分析指標的確立，以避免因規劃結果不符合服務水準要求，造成交控策略無法適度發揮的情況。

快速道路與高速公路兩者交織區段除設計速率的差異外，並無明顯不同處，因此本研究擬修正「台灣地區公路容量手冊」[7]中，對於高速公路交織區段所構建的服務水準評估指標，作為快速道路 — 匝道連接處交織區段之分析指標，茲就該指標說明如下。

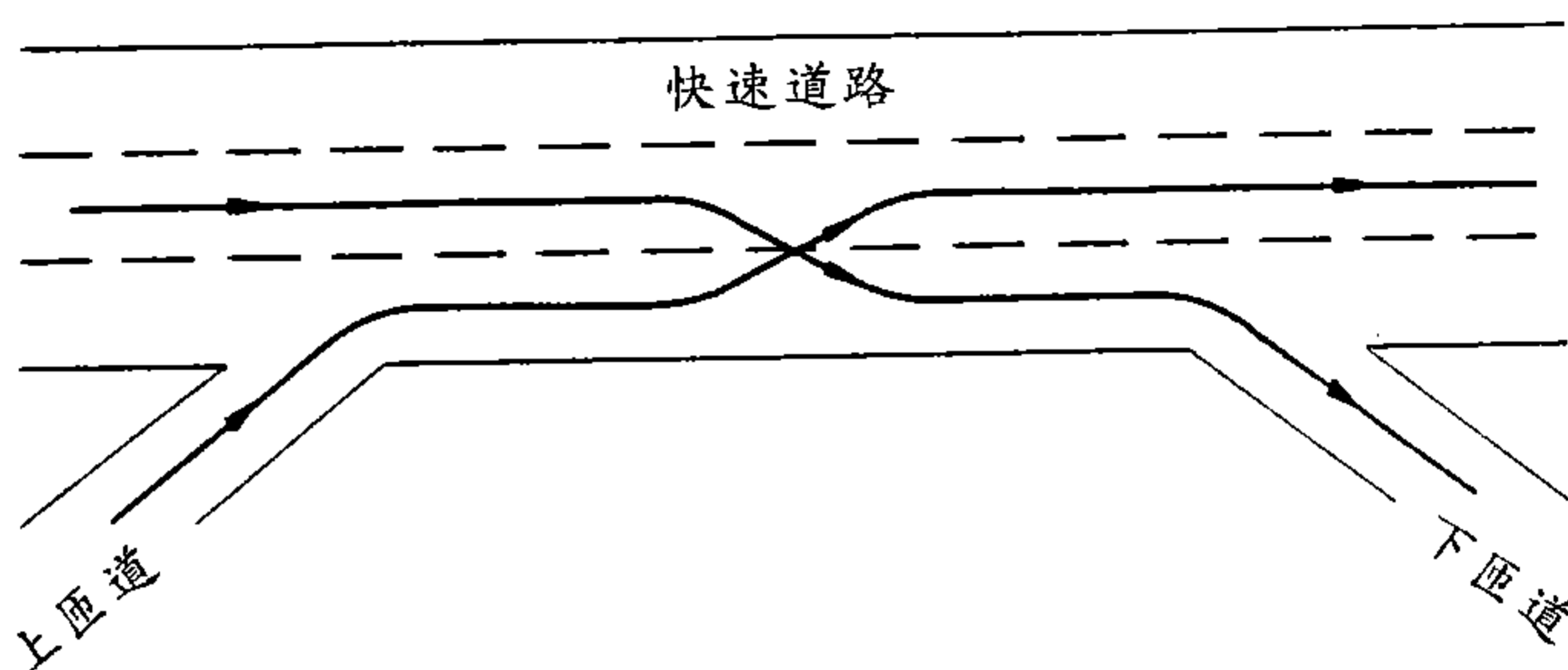


圖 4-1 快速道路 — 匝道連接處交織區段示意圖

(1) 交織車流平均行駛速率 ( $S_w$ , 公里/小時)

$$S_w = 0.88 * \left( 24 + \frac{80}{1 + 0.078(1 + VR)^{2.2} (V/N)^{1.0} / L^{0.9}} \right) * \theta_e \quad (4-2)$$

(2) 非交織車流平均行駛速率 ( $S_{nw}$ , 公里/小時)

$$S_{nw} = 0.88 * \left( 24 + \frac{80}{1 + 0.006(1 + VR)^{4.0} (V/N)^{1.3} / L^{1.0}} \right) * \theta_e \quad (4-3)$$

式中，VR : 交織流量 ( $V_w$ ) 與總流量 ( $V$ ) 之比率

$V$  : 交織區段總流量 (pcu/小時)

$N$  : 交織區段總車道數 (車道)

$L$  : 交織區段長度 (公尺)

$\theta_e$  : 快速道路修正因子，為快速道路與高速公路設計速率之比值，如快速道路設計速率為80公里/小時，高速公路設計速率為120 公里/小時，則

$$\theta_e = 80 / 120 = 0.67$$

藉由 (4-2) 式與 (4-3) 式之評估可知在規劃流量交織區段長度下之服務水準。此外透過轉換，亦可得知在某特定服務水準下所需之路段長度，其式如下：

(1) 交織車流

$$L_w = \left( \frac{S_{LOS w} * 0.078 (1 + VR)^{2.2} \left( \frac{V}{N} \right)^{1.0}}{56 * 0.88 \theta_e - S_{LOS w}} \right)^{1.1} \quad (4-4)$$

(2) 非交織車流

$$L_{nw} = \frac{S_{LOS w} * 0.006 (1 + VR)^{4.0} \left( \frac{V}{N} \right)^{1.3}}{56 * 0.88 \theta_e - S_{LOS w}} \quad (4-5)$$

式中， $L_w$ ：交織車流所需之路段長度（公尺）

$L_{nw}$ ：非交織車流所需之路段長度（公尺）

$S_{LOS w}$ ：交織車流在某一服務水準下之速率（公里／小時）

$S_{LOS w}$ ：非交織車流在某一服務水準下之速率（公里／小時）

其餘同上。

由 (4-4) 式與 (4-5) 式可得某特定服務水準下之最短交織長度值，其式如下：

$$L_{min} = \max \{ L_w, L_{nw} \}$$

式中， $L_{min}$ ：最短交織長度（公尺）

#### 4.2.2 匝道 — 平面道路連接處交織區段長度分析指標

匝道 — 平面道路連接處區段之長度分析，一方面採用間距分析方法，就安全方面考量交織區段長度；另則利用服務水準評估方式進行分析，藉由此二模式的考量，可得到各種不同交通狀況下合適之交織區段長度值，以兼顧安全與效率兩目標，茲就此二分析模式敘述如下：

##### 一、間距分析模式

該模式採用接受間距 (Gap Acceptance) 分析方法，藉由匝道車流選擇平面道路車流之車輛間距，以完成其交織行為的特性，在某一順利右轉機率之要求下，推算交織區段所需之最小長度。該模式可分為順利右轉機率模式與交織區段長度推估模式兩部份。模式中所謂「順利右轉」乃指下匝道右轉車輛進入交織區段後速度無明顯變化，並可順利變換車道且完成右轉行為，同時對平面道路車輛亦不致造成干擾者。因此對於迫使平面道路車輛大幅減速之下匝道右轉車輛，即不視為「順利右轉」，而稱其為強迫併入 (Forced Merge) 的行為 [29]。下匝道右轉車輛進入交織區段後，若無適當間距供其變換車道，則須降低車速或停等，直至發現合適之間距後再變換車道。本研究在實際觀測車流錄影帶中，對於平面道路後面來車或下匝道右轉車輛有明顯減速者，即認定其有「強迫併入」或「駕駛者拒絕間距」之情況產生。由觀測資料判斷，當車輛減速在 7 公里／小時以上者，可視為「強迫併入」或「駕駛者拒絕間距」，即為「非順利右轉」。

##### 1. 順利右轉機率模式

順利右轉機率模式之主要目的在推算下匝道右轉車輛進入交織區段後，利用平面道路車流所提供間距進行自然交織，以順利完成右轉之機率。本模式以接受間距分析 (Gap Acceptance) 為基礎，依機率觀念構建模式，因實際交通狀況之諸多

外在環境無法充分掌握，故將實際狀況予以簡化分述如下：

- (1) 每位駕駛者之臨界間距值為固定值，當面臨之間距大於臨界間距者，即視為可接受間距。
- (2) 駕駛者每次變換車道行為，皆為獨立事件，不彼此干擾。
- (3) 每個可接受間距只有一部下匝道右轉車輛併入。

假設 (1) 係指不同地區之臨界間距值不同，但同一地區之臨界間距值則相同。假設 (2) 則因一般駕駛者變換車道注意力僅在自己所在車道與相鄰車道，每次變換車道不彼此干擾，故視為獨立事件。假設 (3) 則不考慮可接受間距可同時供兩部以上之下匝道右轉車輛併入以變換車道之情形，因間距長度為多少時可供兩部以上車輛變換車道，或間距夠長時可供多少部車輛併入，本研究未探究此問題，故進行簡化工作。

一般交織區段平面道路車道數大都在三車道以下，故基於上述特性分析，本研究以下匝道右轉車輛需變換二個車道為基礎，構建順利右轉機率模式，再將該模式推廣至需變換三個車道之情形，其流程如圖4-2 所示，茲就二車道之模式構建方法說明如下：

- (1) 交織區段第  $i$  車道之車流間距中，大於臨界間距之比例為  $P_i$ ，此值亦即下匝道右轉車輛欲併入第  $i$  車道時，其面臨的第一個間距即為可接受間距，且順利變換至第  $i$  車道之機率。
- (2) 因駕駛者變換每一車道均為獨立事件，故車輛欲變換至第二車道時，至少需在第一與第二車道皆面臨一個可接受間距，有時亦會面臨拒絕間距。若下匝道右轉車輛僅面臨二個間距，即完成順利右轉行為，其機率為  $P_1 * P_2$ 。
- (3) 變換二車道之模式構建

由上述基本定義，可推得下匝道右轉車輛面臨不同間距個數，以完成順利右轉行為之機率值，茲整理如表4-5 所示。

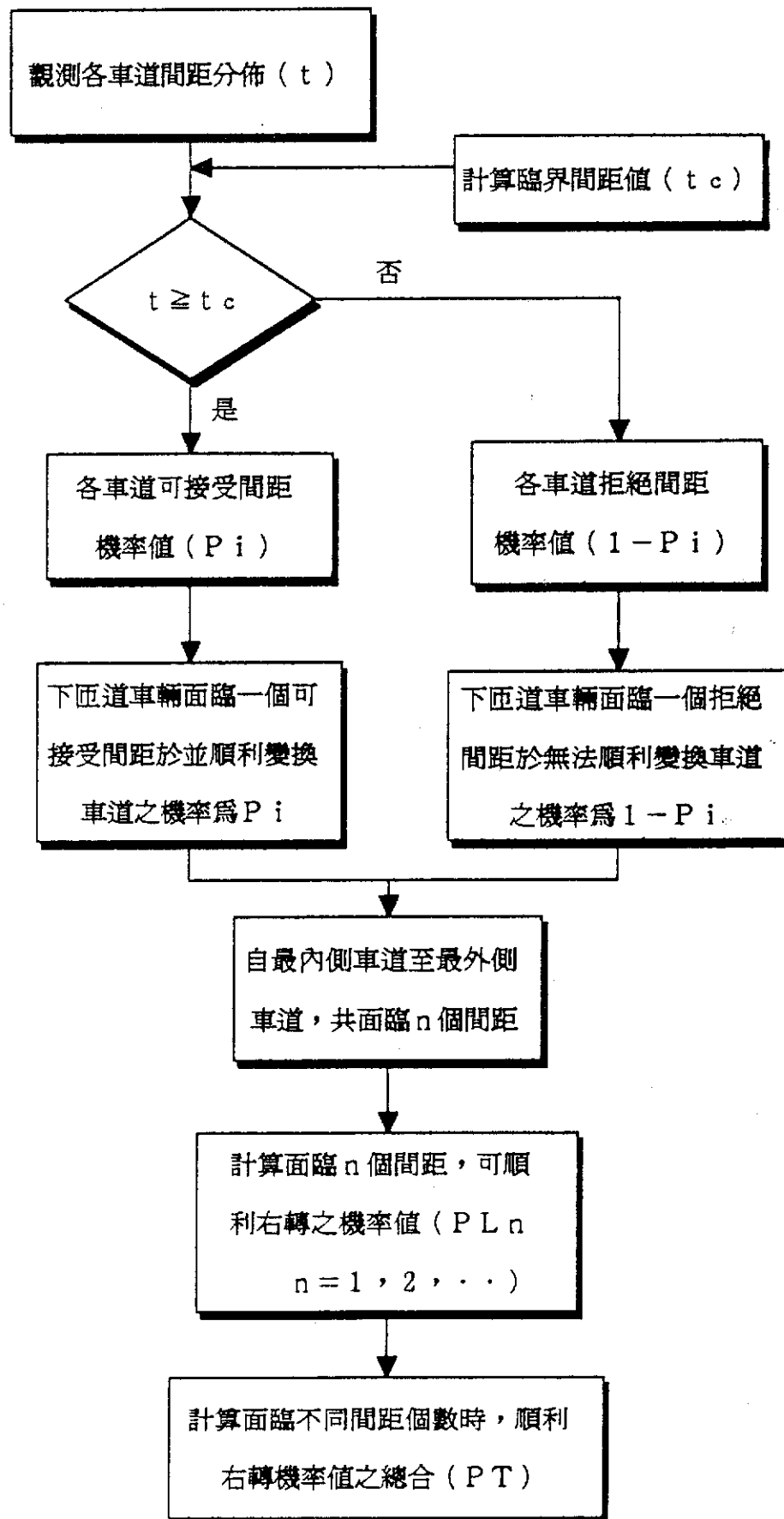


圖 4-2 順利右轉機率模式構建流程

表 4-5 順利右轉機率模式推估

面臨總間距數 (n)	第一車道			第二車道			面臨n 個間距數完成順利右轉行為之機率值 (PL <sub>n</sub> )
	a*	b**	c***	a*	b**	c***	
2	1	0	P <sub>1</sub>	1	0	P <sub>2</sub>	PL <sub>2</sub> =P <sub>1</sub> *P <sub>2</sub>
3	1 1	1 0	P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) P <sub>1</sub>	1 1	0 1	P <sub>2</sub> P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> )	PL <sub>3</sub> =P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> )*P <sub>2</sub> +P <sub>1</sub> *(1-P <sub>2</sub> )*P <sub>2</sub> =[(1-P <sub>1</sub> )+(1-P <sub>2</sub> )]P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>
4	1 1 1	2 1 0	P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) <sup>2</sup> P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) P <sub>1</sub>	1 1 1	0 1 2	P <sub>2</sub> P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> ) P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>	PL <sub>4</sub> =P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) <sup>2</sup> *P <sub>2</sub> +P <sub>1</sub> *(1-P <sub>1</sub> )*P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> )+P <sub>1</sub> *P <sub>2</sub> *(1-P <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> =[(1-P <sub>1</sub> ) <sup>2</sup> +(1-P <sub>1</sub> )*(1-P <sub>2</sub> )+(1-P <sub>2</sub> ) <sup>2</sup> ]P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
n	1 1 . . . 1 1	n-2 n-3 . . . 1 0	P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) <sup>n-2</sup> P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) <sup>n-3</sup>    P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) P <sub>1</sub>	1 1 . . . 1 1	0 1 . . . n-3 n-2	P <sub>2</sub> P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> )    P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> ) P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> ) <sup>n-2</sup>	PL <sub>n</sub> =P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) <sup>n-2</sup> *P <sub>2</sub> +P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> ) <sup>n-3</sup> *P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> )+... +P <sub>1</sub> (1-P <sub>1</sub> )*P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> ) <sup>n-3</sup> +P <sub>1</sub> *P <sub>2</sub> (1-P <sub>2</sub> ) <sup>n-2</sup> =[ $\sum_{i=0}^{n-2} (1-P_1)^i * (1-P_2)^{n-2-i}$ ] P <sub>1</sub> *P <sub>2</sub>

[註]：a\* 接受間距個數

b\*\* 拒絕間距個數

c\*\*\* 順利完成車道變換行為機率值

由表4-5 可知下匝道右轉車輛在面臨不同總間距個數時，分別在第一及第二車道面臨拒絕與接受間距個數之組合，及其相對應之機率值，藉此可求得該車面臨 $n$  個間距數完成順利右轉行為之機率值 $P L_n$ ，其累積機率值 $P T$ ，則如 (4-6)式所示，該值表示下匝道車輛可順利右轉之機率。

$$\begin{aligned}
 P T &= P L_2 + P L_3 + \dots + P L_n \\
 &= P_1 P_2 + [ P (1 - P_1) + (1 - P_2) ] P_1 P_2 + \dots \\
 &\quad + [ \sum_{i=0}^{n-2} (1 - P_1)^i (1 - P_2)^{n-2-i} ] P_1 P_2 \\
 &= \sum_{j=2}^n [ \sum_{i=0}^{j-2} (1 - P_1)^i (1 - P_2)^{j-2-i} ] P_1 P_2 \quad (4-6)
 \end{aligned}$$

#### (4) 變換三車道之模式構建

藉由前述二車道之順利右轉機率模式，可將該模式依前述模式構建流程，衍伸至下匝道右轉車輛至少需變換三車道，面臨 $n$  個間距方能完成順利右轉行為之機率值如下所示：

$$\begin{aligned}
 P T &= P L_3 + P L_4 + \dots + P L_n \\
 &= P_1 * P_2 * P_3 + [ (1 - P_1) + (1 - P_2) + (1 - P_3) ] P_1 * P_2 * P_3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \dots + \sum_{i=0}^{n-3} \left[ \sum_{j=0}^{n-3-i} (1-P_1)^i (1-P_2)^j (1-P_3)^{n-3-i-j} \right] \\
& P_1 * P_2 * P_3 \\
& = \sum_{k=3}^n \left\{ \sum_{i=0}^{k-3} \left[ \sum_{j=0}^{k-3-i} (1-P_1)^i (1-P_2)^j (1-P_3)^{k-3-i-j} \right] \right. \\
& \quad \left. P_1 * P_2 * P_3 \right\} \quad (4-7)
\end{aligned}$$

式中之各變數名稱同上。

## 2. 交織區段長度推估模式

交織區段長度推估模式主要目的在推求下匝道右轉車輛進入交織區段後，利用平面道路車輛間距進行交織，以達成右轉行為所需之合理交織區段長度。本模式亦以間距接受分析為基礎，利用數學方法構建模式。囿於實際交通狀況受外在環境因素影響，不易充分掌握，故進行下述簡化：

- (1) 平面道路車輛於交織區段內，行駛速率不變。
- (2) 車輛靜態車長均一。

假設 (1) 係考慮於交織區段內，平面道路車輛間距不因車輛之加、減速，而改變其原有大小，影響間距分佈之求算。假設 (1) 則因本研究車種為小汽車，故假設車輛靜態車長均一，以方便模式之構建與計算。

基於上述原則，本研究以下匝道右轉車輛變換二個車道為基礎，構建交織區段長度推估模式，再將該模式推廣至變換  $m$  個車道，其流程見圖 4-3 所示，說明如下：

- (1) 下匝道右轉車輛每次變換車道，只接受一個間距，若經歷  $n$  個間距，即產生 2 個可接受間距與  $(n-2)$  個拒絕間距，

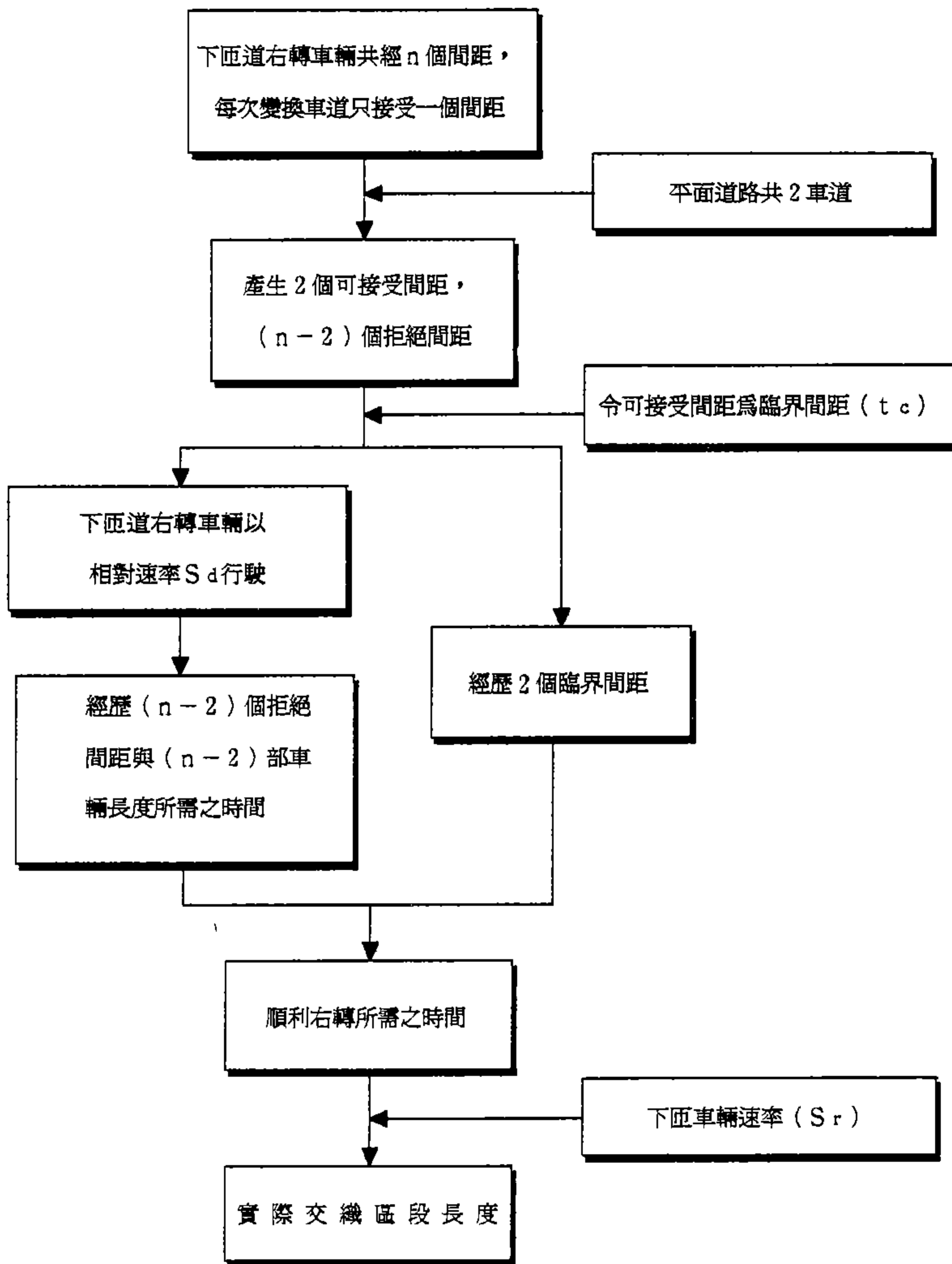


圖 4-3 交織區段長度推估示意圖

因爲本模式乃推算交織區段所需之至少合理長度，故以臨界間距值代替，而拒絕間距則以拒絕間距平均值代入模式。

- (2) 下匝道右轉車輛相對於平面道路車輛乃以相對速差行駛，故將平面道路車輛視爲相對靜止而下匝道右轉車輛以相對速差移動，歷經拒絕間距與平面道路車輛長度，直至發現可接受間距以變換車道爲止，如圖4-4 所示，期間所花費之時間即爲順利右轉所需之時間。
- (3) 順利右轉所需之時間再乘以下匝道右轉車輛行駛速率，即爲下匝道右轉車輛所需之交織區段長度。

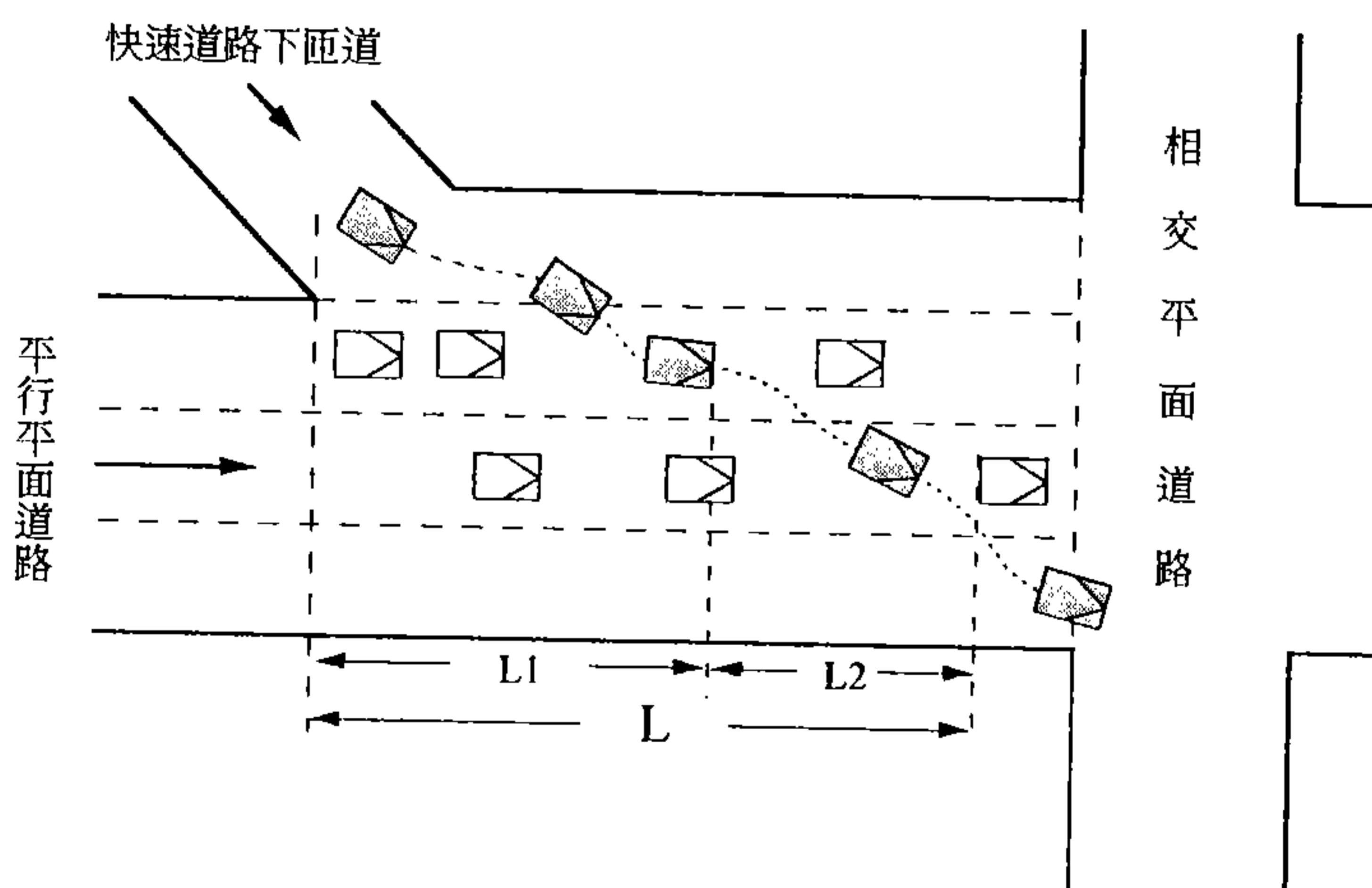


圖 4-4 下匝道車輛右轉行爲示意圖

#### (4) 變換二車道之模式構建

由上述基本定義，可推估下匝道右轉車輛每次變換車道所需之交織區段長度如下：

(a) 變換第一個車道

$$L_1 = t_1 * S_r$$

$$= \left[ \frac{(n_1 - 1) * t_{r1} * S_{s1} + (n_1 - 1) * l * 3.6}{S_{d1}} + t_c \right] * S_r / 3.6$$

式中，

$L_1$ ：變換第一個車道所需之交織區段長度（公尺）

$t_1$ ：變換第一個車道所需之時間（秒）

$n_1$ ：變換第一個車道所需之間距數

$t_{r1}$ ：變換第一個車道拒絕間距之平均值（秒）

$t_c$ ：臨界間距（秒）

$S_{s1}$ ：平面道路第一車道之平均速率（公里／小時）

$S_r$ ：下匝道右轉車輛之平均速率（公里／小時）

$S_{d1}$ ： $S_{s1}$ 與 $S_r$ 之相對速差（公里／小時）

$l$ ：靜態車長

(b) 變換第二個車道

$$L_2 = t_2 * S_r$$

$$= \left[ \frac{(n_2 - 1) * t_{r2} * S_{s2} + (n_2 - 1) * l * 3.6}{S_{d2}} + t_c \right] * S_r / 3.6$$

式中，

$L_2$ ：變換第二個車道所需之交織區段長度（公尺）

$t_2$ ：變換第二個車道所需之時間（秒）

$n_2$ ：變換第二個車道所需之間距數

$t_{r2}$ ：變換第二個車道拒絕間距之平均值（秒）

$S_{s2}$ ：平面道路第二車道之平均速率（公里／小時）

$S_{d2}$ ： $S_{s2}$ 與 $S_r$ 之相對速差（公里／小時）

其餘同上。

(c) 下匝道右轉車輛共變換2個車道之交織區段長度：

$$L = L_1 + L_2 = [t_1 + t_2] * S_r$$

$$= \left[ \frac{(n_1 - 1) * t_{r1} * S_{s1} + (n_1 - 1) * l * 3.6}{S_{d1}} + t_c \right. \\ \left. \frac{(n_2 - 1) * t_{r2} * S_{s2} + (n_2 - 1) * l * 3.6}{S_{d2}} + t_c \right] * S_r / 3.6$$

(d) 於實際應用上，每車道之個別交織區段長度不易求得，因此以各車道資料之平均值，求算總交織區段長度：

$$L = \left[ \frac{(n-2) \cdot t_r \cdot S_s + (n-2) \cdot l \cdot 3.6}{S_d} + 2 \cdot t_c \right] \cdot S_r / 3.6$$

式中，

$L$  : 總交織區段長度 (公尺)

$n$  : 下匝道右轉車輛順利右轉共經歷之間距個數

$t_r$  : 拒絕間距之平均值 (秒)

$t_c$  : 臨界間距 (秒)

$l$  : 車輛靜態車長

$S_s$  : 平面道路平均行駛速率 (公里/小時)

$S_r$  : 下匝道右轉車輛平均行駛速率 (公里/小時)

$S_d$  :  $S_s$  與  $S_r$  之相對速差 (公里/小時)

#### (5) 變換 $m$ 車道之模式構建

將平面道路2 個車道，推廣至 $m$  個車道，交織區段長度推估模式如下：

$$L = \left[ \frac{(n-m) \cdot t_r \cdot S_s + (n-m) \cdot l \cdot 3.6}{S_d} + m \cdot t_c \right] \cdot S_r / 3.6$$

式中，

$L$  : 總交織區段長度 (公尺)

$n$  : 下匝道右轉車輛順利右轉共經歷之間距個數

$t_r$  : 拒絕間距之平均值 (秒)

$t_c$  : 臨界間距 (秒)

$l$  : 車輛靜態車長

$S_s$  : 平面道路平均行駛速率 (公里/小時)

$S_r$  : 下匝道右轉車輛平均行駛速率 (公里/小時)

$S_d$  :  $S_s$  與  $S_r$  之相對速差 (公里/小時)

$m$  : 平面道路車道數

### 3. 模式驗證

此二模式係採用建國北路民權東路口北向下匝道地區與南京東路口北向下匝道地區之交通資料，進行交織區段模式驗證工作。由於資料蒐集不易，限於時間、人力與物力之不足，僅以兩地區不同時段所得之四組資料進行驗證。因本研究考慮正常狀況下，車輛交互作用之駕駛行為，故將號誌影響因素予以排除，於綠燈車輛行駛狀態下蒐集資料。其資料蒐集方式如下：

- (1) 綠燈起始後，所疏解之前5部車不計，第6部車之後再開始觀測。
- (2) 當下游路口車輛疏解遲緩，以致上游路段車輛停等，則需待車輛疏解至觀測參考線後第6部車，再開始觀測資料。
- (3) 由於本研究針對小型車進行間距分析，所以大型車與小型車所產生之間距不計。
- (4) 因資料蒐集須排除號誌影響因素，故當上游路段號誌為紅燈時，即不再觀測下匝道車輛之行駛速率。
- (5) 順利右轉機率模式之先前假設為每一個可接受間距只有一部下匝道右轉車輛併入，因此當同一間距可併入多部車輛

時，仍以一部車輛計算。

- (6) 因為最外側車道為混合車道，機車與路邊停車嚴重干擾車輛運行，因此對間距分佈之求取及車輛是否順利變換車道之判斷等，皆有嚴重影響。因此本研究在模式驗證中，不將最外側納入考慮。

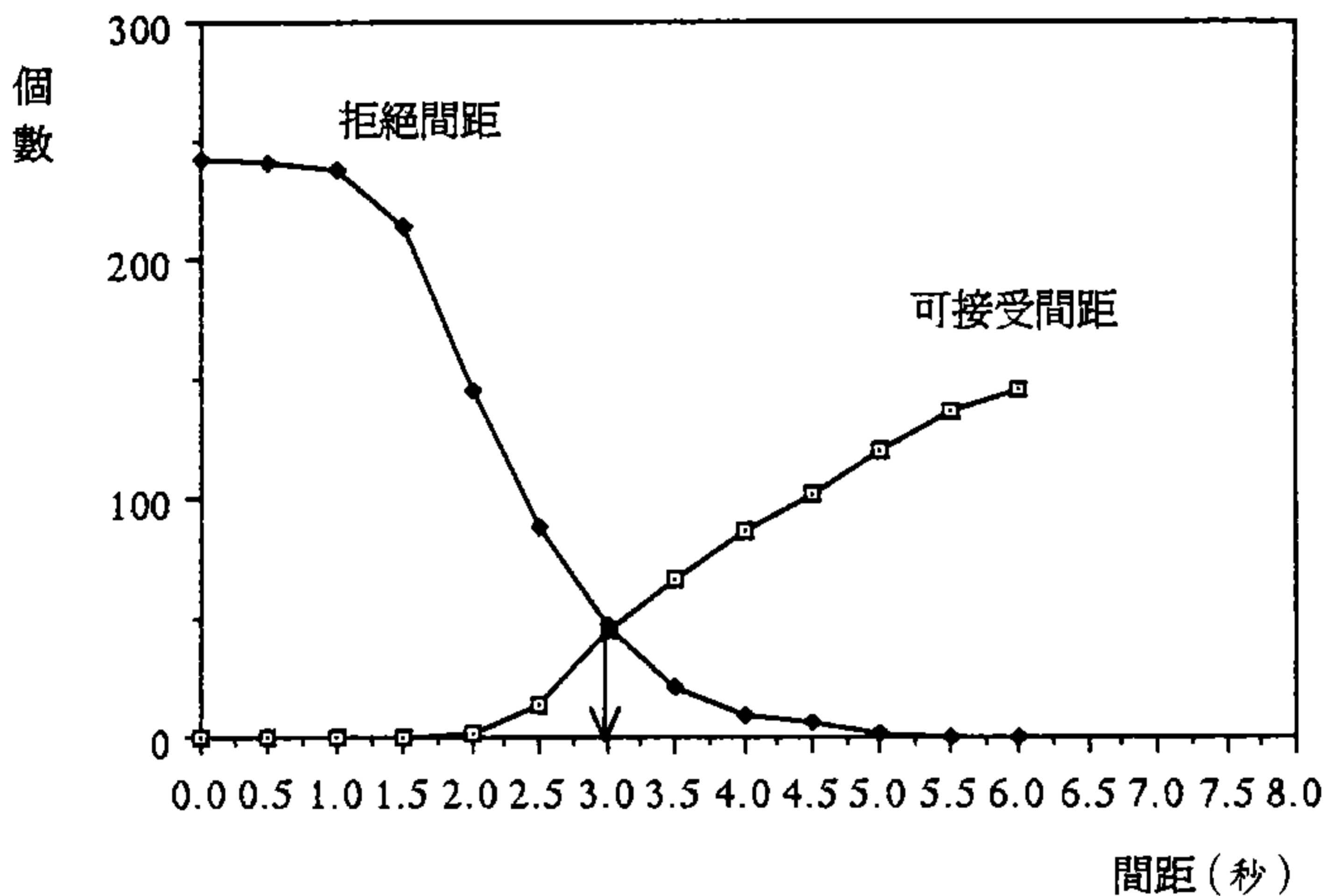
此外，為順利進行模式驗證工作，亦需先蒐集各地點之臨界間距值，故先就接受間距分析結果整理如下：建國北路民權東路口北向匝道地區與建國北路南京東路北向下匝道地區之臨界間距各為 2.56 秒及 3.01 秒，此兩地點之圖解法如圖 4-5 及圖 4-6 所示，因此於此兩地區平面道路所產生之間距各大於其臨界間距值者，即視為可接受間距。

#### A. 順利右轉模式驗證

順利右轉機率模式之驗證係透過實際調查，得到下匝道車輛順利右轉之實際機率值，再依據相關交通資料及模式，推算順利右轉之理論機率值，並進行比較，以瞭解模式之有效性，其步驟說明如下：

- (a) 於綠燈時相內，觀測平面道路各車道之間距分佈以求取可接受間距機率值，即模式中之  $P_i$ ， $i=1, 2, \dots, m$ ， $m$  = 車道數。
- (b) 觀測下匝道右轉車輛順利右轉者，須經歷幾個間距以完成右轉行為，此即為實際面臨之間距個數  $n$ 。
- (c) 將求得之平面道路可接受間距機率值  $P_i$  與間距個數  $n$  代入模式中求解，所得之順利右轉機率值  $P_T$  即為理論值。
- (d) 於綠燈時相內，觀測共有多少部下匝道右轉車輛，其中順利右轉者幾部，兩者之比例即為實際順利右轉機率  $P_{T'}$ 。
- (e) 將理論  $P_T$  與實際  $P_{T'}$  予以比較，求其絕對誤差與相對誤差，即可知模式是否合理。

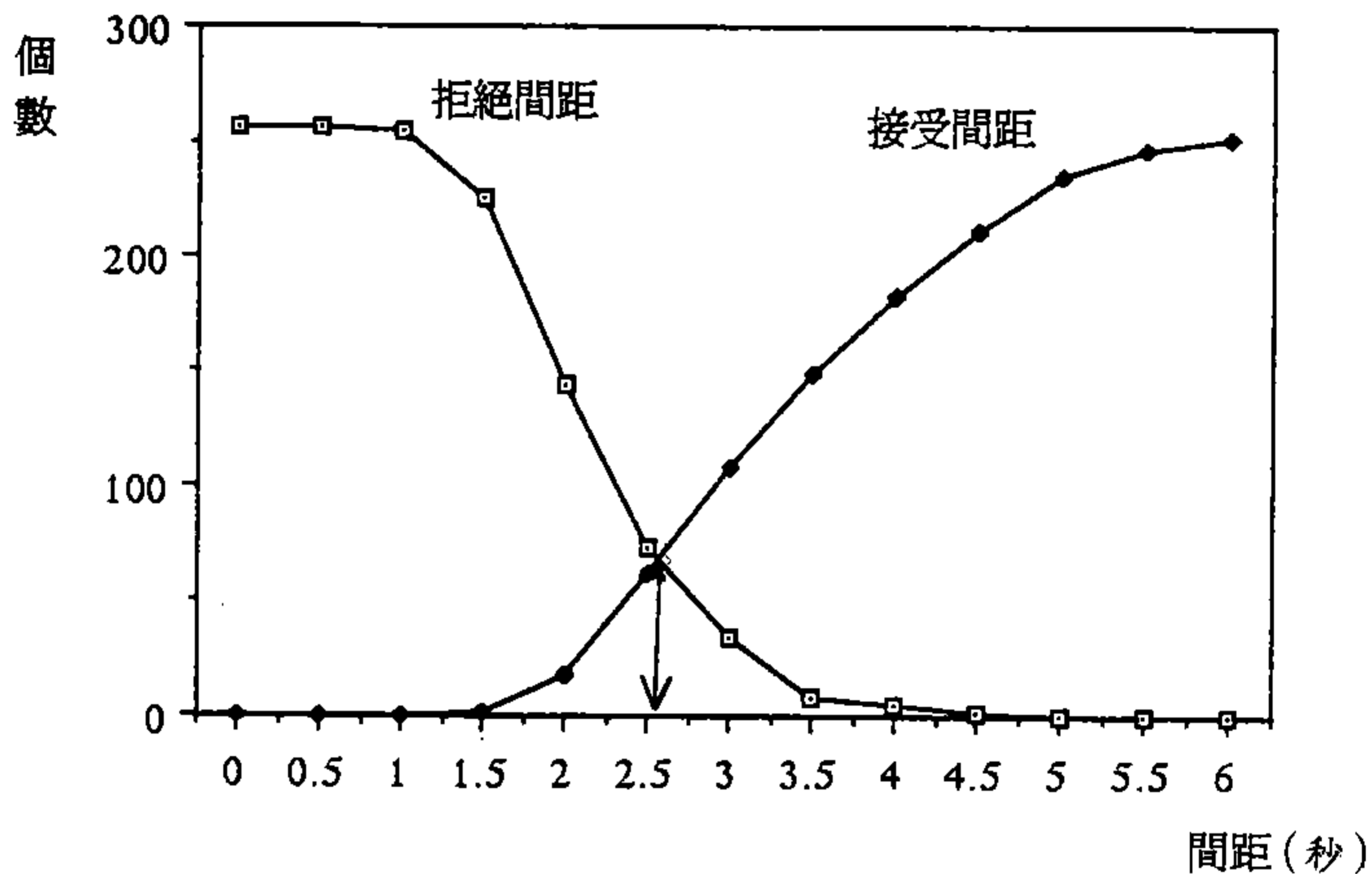
間 距 t (秒)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
接受間距 < t 之個數	0	0	0	0	1	14	<sup>a</sup> 46	<sup>b</sup> 66	86	102	119	137	146
拒絕間距 > t 之個數	242	241	238	213	145	88	<sup>c</sup> 47	<sup>d</sup> 21	9	6	1	0	0



$$\begin{aligned}
 \text{臨界間距} &= t + \frac{(c - a) * \Delta t}{(c + b) - (a + d)} \\
 &= 3 + \frac{1 * 0.5}{113 - 87} \\
 &= 3.01 \text{ (sec)}
 \end{aligned}$$

圖 4-5 南京東路口北向下匝道地區臨界間距分析

間 距 t (秒)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
接受間距 < t 之個數	0	0	0	2	17	a 61	b 108	149	182	212	235	246	251
拒絕間距 > t 之個數	257	257	255	225	144	c 72	d 34	8	5	2	0	0	0



$$\begin{aligned}
 \text{臨界間距} &= t + \frac{(c - a) * \Delta t}{(c + b) - (a + d)} \\
 &= 2.5 + \frac{11 * 0.5}{180 - 95} \\
 &= 2.56 \text{ (sec)}
 \end{aligned}$$

圖 4-6 民權東路口北向下匝道地區臨界間距分析

利用上述資料蒐集與分析流程，針對順利右轉機率模式所進行之驗證結果，整理如表4-6 所示。由該表可知理論值與實際值之絕對誤差範圍在-0.02 與0.03之間，平均相對誤差為7.25%，最大相對誤差為 8.8%，上述結果顯示該模式在推算下匝道車輛順利右轉機率時，誤差不大，尚屬合理。

表 4-6 順利右轉機率模式驗證結果

地點	時間	間距 個數	下匝道右 轉車輛數	順利右轉 車輛數	實際順利 右轉比例	模式順利 右轉比例	絕對 誤差	相對 誤差
民權北向 下匝道地區	11:52~12:22	2	32	11	0.34	0.37	0.03	8.8%
	13:50~14:20	2	49	18	0.37	0.39	0.02	5.4%
南京北向 下匝道地區	14:20~14:50	2	62	16	0.26	0.28	0.02	7.7%
	16:30~17:00	2	46	13	0.28	0.26	0.02	7.1%
[註]：右轉車輛實際面臨間距數 $n'$ ，係以眾數為代表，以符合大多數車輛之行爲。							平均值	7.25%

#### B. 交織區段長度推估模式

交織區段長度推估模式之驗證係透過實際調查，得到下匝道右轉車輛順利右轉者實際面臨之間距數，再以相關交通資料代入模式，求算現有交織區段長度可供下匝道右轉車輛面臨之間距數，兩者進行比較，以瞭解模式之有效性，其步驟說明如下：

(a) 模式中之參數，如：平面道路行駛速率  $S_s$ 、下匝

道車輛行駛速率  $S_r$ 、兩者之相對速差  $S_d$ 、臨界間距  $t_c$ 、拒絕間距平均值  $t_r$  等，均可由實際交通狀況中求得。

- (b) 由現有的下匝道地區交織區段長度  $L'$  及上述之參數，代入模式並反推間距個數，即為理論值  $n$ 。
- (c) 觀測下匝道右轉車輛順利右轉者，須經歷之間距個數即為實際值  $n'$ 。
- (d) 將理論值  $n$  與實際值  $n'$  加以比較，求其絕對誤差與相對誤差，即可知模式是否合理。

利用上述資料蒐集與分析流程，交織區段長度推估模式驗證結果見表4-7。結果顯示，目前建國北路民權東路口下匝道地區與南京東路口北向下匝道地區之交織區段理論值與實際值相對誤差在-0.18 與0.41之間，相對誤差最大為20%，平均相對誤差為14.53%，因此長度推估模式在推算交織區段長度時，誤差不大，尚屬合理。

表 4-7 交織區段長度推估模式驗證結果

地 點	時 間	順利右轉 車輛數	間距眾數 之車輛數	實際間距 個數	模式間距 個數	絕 對 誤 差	相 對 誤差(%)
民權東路口 北向下匝道 地 區	11:52~12:22	11	11	2	2.32	0.32	16
	13:50~14:20	18	17	2.06	2.47	0.41	20
南京東路口 北向下匝道 地 區	14:20~14:50	16	14	2.38	2.20	-0.18	7.6
	16:30~17:00	13	13	2	2.29	0.29	14.5

## 二、服務水準分析模式

本模式採用迴歸分析方法，探討各種不同幾何配置與流量狀況下，匝道 — 平面道路連接處交織區段之空間平均速率，其可應用於規劃階段進行交織區段長度設計及操作階段之服務水準評估，為一兼顧規劃與評估功能之模式。由於交織區段之特性，近似市區道路之路段，故服務水準之評估標準可參考「公路容量手冊」中對於市區幹道之規定。

此模式與快速道路 — 匝道連接處交織區段分析模式相較，具有下列特性：

1. 非交織車流所佔比例不高：以下匝道為例，該處之非交織車流僅有匝道直行車輛，而匝道右轉車輛則全屬交織車流，匝道直行車輛與交織車流相較，所佔比例甚低，以本研究之實際調查資料為例約為20%，故交織區段之研究重點應著重於交織車流分析。
2. 車道線限制不明顯：由於匝道 — 平面道路連接處之交織區段常與相交平面道路路口連接，資料蒐集過程中發現，交織區段內雖繪置車道線，然車輛行進並未明顯受其限制，因而產生車輛使用車道大於實際車道數之情形。

本模式選擇資料蒐集地點時需考慮下列因素：

1. 該地點之匝道配置形式需為路段型，且車輛交織行為不受號誌控制影響。
2. 該地點附近需座落有合適大樓，以利攝影器材之架設，同時提供良好之拍攝角度。

此外，因現有上匝道地區皆以號誌控制，車流交織行為不明顯，因此本研究僅針對下匝道地區進行探討，經選擇資料蒐集地點如下：

1. 建國北路北向民權下匝道。
2. 建國北路北向南京下匝道。

3. 新生北路南向長安下匝道。
4. 新生北路南向長春下匝道。

依據研究需要，資料蒐集項目包括：

1. 交織區段之基本幾何資料，如長度、寬度（不包含機慢車混合車道）及車道數。
2. 下匝道與平面道路之流量。
3. 交織區段之交織量與速率。

四處交織區段之基本幾何資料如表4-8 所示。交織區段交織量及速率之定義及調查方法分別說明如下：

#### 1. 交織量

以往研究對於交織量之定義有二 [35]：

- a. 兩股交織車流之流量和 ( $V_w$ )。
- b. 兩股交織車流中之流量較小者 ( $V_{w2}$ )。

故交織量的決定端視下匝道與平面道路之流量而定。

#### 2. 速率

交織區段係提供車輛產生交織行為之處，車輛在其間將會因交織行為而使速率產生明顯變化，所以無法在特定地點，蒐集到可具代表性之時點速率。因此，本研究擬以空間平均速率 (Space Mean Speed) 為交織區段之服務水準之衡量指標，該速率之調查方式係利用錄影帶觀測法，觀測車輛進出交織區段之時間，再據以轉換為速率。

表 4-8 各交織區段幾何特性資料表

基本資料 地點	長 度 (公尺)	寬 度 (公尺)	實際車道數 (車道)	使用車道數 (車道)
建國北路北向 民權下匝道	101	9.8	3	4
建國北路北向 南京下匝道	82	6.8	2	3
新生北路南向 長安下匝道	115	4.1	1	2
新生北路南向 長春下匝道	36	5.8	2	2

在資料觀測過程中由於四處交織區段下游路口皆受號誌管制，為排除此一因素影響，需將觀測時段內受號誌影響之車輛及擁擠車流樣本剔除。本研究以五分鐘為資料觀測基本時段，合計蒐集75筆有效樣本，隨機抽取其中之65筆樣本作為建立分析模式之用，其餘則用以模式驗證。

一般影響交織區段速率之因素有流量、交通組成、交織量及交織區段長度、車道數等因素 [35]，由前述特性分析知，匝道—平面道路連接處交織區段車道數並未能發揮限制作用，因此本研究擬增加交織區段寬度作為其影響因素之一。此外，交通組成主要係考慮重車所佔比例，由於調查地點此一比例甚低，故不予考慮。基於上述影響因素分析，本研究構建效率分析模式時，引入平面道路流量 ( $V_f$ )、交織量 ( $V_w$  及  $V_{w2}$ )、交織區段長度 ( $L$ )、交織區段車道數 ( $Lane$ )、及交織區段寬度 ( $W$ ) 當

作候選決策變數，而被解釋變數為交織區段速率 ( $S_w$ )。

本研究模式建立工作係針對蒐集之65筆資料，利用統計分析軟體 STATGRAPHICS [36]，進行逐步迴歸分析選取決策變數，結果顯示交織區段速率與交織區段長度、寬度及交織量 ( $V_w$ ) 呈現顯著關係，其餘各變數則不顯著。經由分析程序所得之迴歸式如下：

$$S_w = 27.833 - 0.008 V_w + 0.177 L + 0.549 W \quad (4-8)$$

$$(5.406) \quad (-9.402) \quad (4.482) \quad (2.371)$$

$$\overline{R^2} = 0.81 \quad F = 93.22$$

式中各變數之單位為：

$S_w$  : 公里／小時

$V_w$  : 輛／小時

$L$  : 公尺

$W$  : 公尺

經由模式分析，其預測值與觀測值之關係，如圖4-7 所示。而交織量、交織區段長度與寬度之相關矩陣可表示如下：

$$\begin{array}{c} V_w \quad L \quad W \\ \begin{bmatrix} V_w & 1 & 0.5649 & -0.3954 \\ L & 0.5649 & 1 & 0.0945 \\ W & -0.3954 & 0.0945 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

(公里/小時)

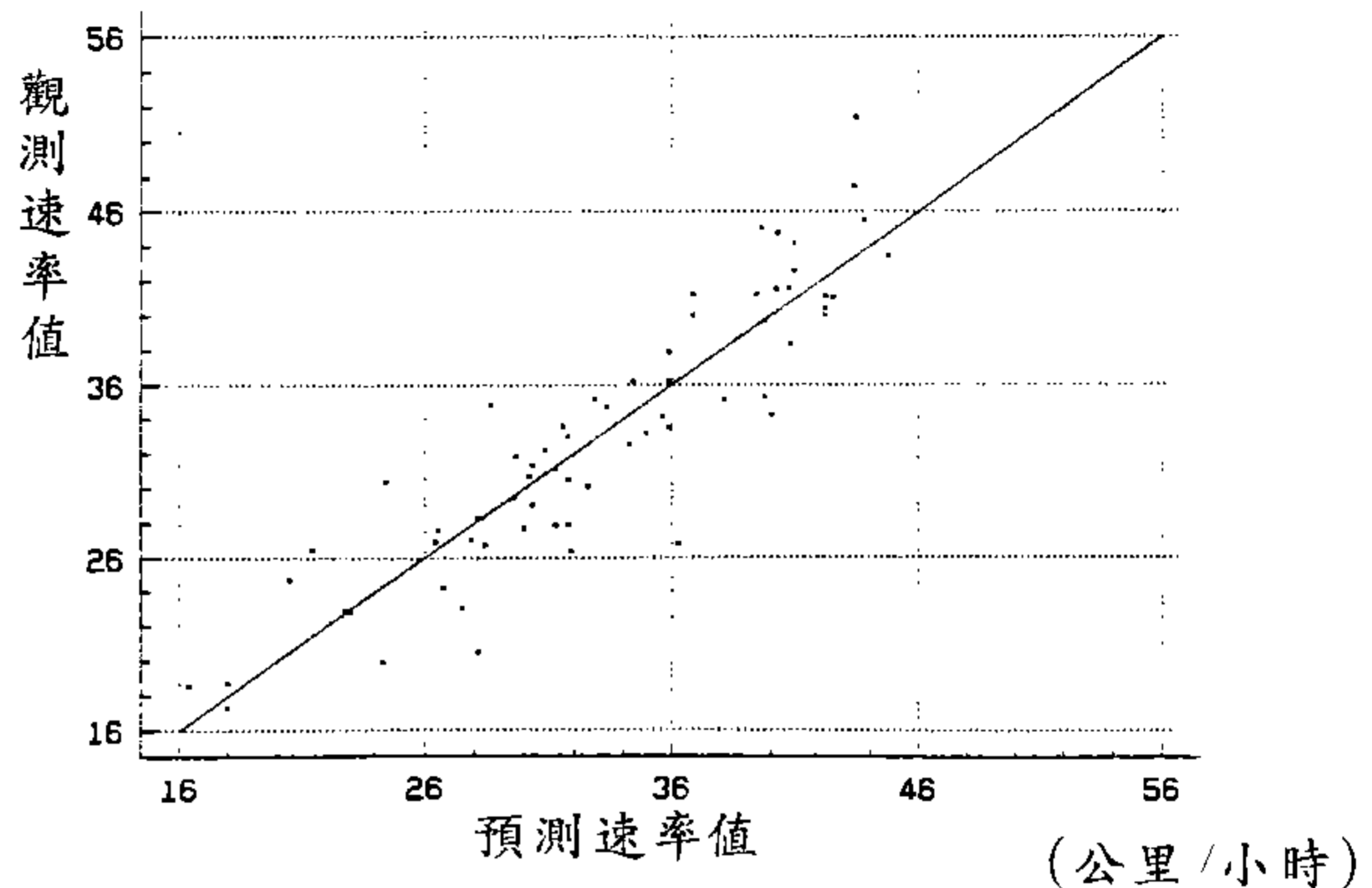


圖 4-7 模式預測值與觀測值示意圖

由式 (4-8) 可知：t 值及 F 值在 0.05 的顯著水準下均極為顯著，各係數之相關性及修正複判定係數  $\bar{R}^2$  值亦皆在可接受範圍內。模式中之係數亦顯示交織區段速率隨交織量的增加而減少，同時與交織區段之長度、寬度呈正向關係，此與一般專業知識判斷頗為符合。此外，利用隨機抽取的 10 筆調查資料進行模式驗證工作，其驗證結果彙整如表 4-9 所示。由表中可知預測值與觀測值的平均相對誤差約為 9.50%，最大相對誤差亦在 15% 以下，可見本研究所建立的交織區段服務水準分析模式尚具代表性。此外，透過彈性分析，亦可得各決策變數之彈性值 ( $E_i$ ) 如表 4-10 所示。由該表可知當交織區段交織流量增加 10% (199.2 輛) 時，交織區段速率約減少 4.8% (1.59 公里/小時)；當交織區段長度增加 10% (9.75 公尺) 時，交織區段速率約增加 5.2% (1.73 公里/小時)；當交織區段寬度增加 10% (0.67 公尺) 時，交織區段速率約增加 1.1% (0.36 公里/小時)。由此可知交織區段長度與交織流量對交織區段速率之影響遠較交織區段寬度為鉅，同時亦可看出匝道 — 快速道路連接處交織區段分析為進行匝道配置分析之主要步驟。

表 4-9 服務水準分析模式驗證資料彙整表

速率觀測值 (公里／小時)	速率預測值 (公里／小時)	絕對誤差 * (公里／小時)	相對誤差 ** (%)
34.47	38.04	3.59	10.35
28.80	32.28	3.48	12.08
31.70	28.12	- 3.58	11.29
37.78	35.48	2.31	6.10
28.69	27.65	- 1.04	3.63
32.91	28.06	- 4.87	14.79
25.06	21.50	- 3.56	14.19
18.70	16.64	- 2.06	12.99
37.47	39.80	2.33	6.22
41.36	39.17	- 2.19	5.30
平均值			9.50

藉由 (4-8) 式之評估，可知在規劃交織區段長度下車流之服務水準。此外透過轉換，亦可得知在某特定服務水準下所需之路段長度，其式如下：

$$L_w = 5.650 S_{Losw} + 0.045 V_w - 3.102 W - 157.25 \quad (4-9)$$

式中，

$L_w$ ：交織車流所需之路段長度 (公尺)

$S_{Losw}$ ：交織車流在某一服務水準下之速率 (公里／小時)

其餘同上。

表 4-10 彈性分析彙整表

變數 數 值	$\bar{Y}$	$\bar{X}_i$		
	交織區段速率	交織流量	長 度	寬 度
平 均 值	33.06	1991.97	97.51	6.71
係 數 值 ( $\beta_i$ )	——	0.008	0.177	0.459
彈 性 值 * ( $E_i$ )	——	-0.48	0.52	0.11

[註] :  $E_i = \beta_i \cdot \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}$

透過服務水準分析模式求得各特定服務水準之速率所對應之交織區段長度值，將其代入交織區段長度推估模式中，可求得於該長度可面臨之平均間距數，最後藉由順利右轉機率模式的計算，已求出該服務水準下之順利右轉比例，亦即綜合此二配置分析指標可瞭解交織區段服務水準及順利右轉比例間之關係，以作為後續評估之用。

### 4.3 操作分析指標初探

操作分析階段之評估指標，主要在於匝道開口位置分析，其目的為決定匝道型式為路口型亦或路段型。囿於時間及人力，僅能就該階段之評估指標進行初探工作，該工作包括確定影響因素、建立績效指標及選擇模擬軟體等之部份，茲分別說明如下：

一、確定影響因素：本研究經由前述特性分析，發覺影響匝道開口位置之因素有下列五項：

1. 平面道路號誌時制計畫。
2. 下匝道 — 平面道路連接處交織區段長度。
3. 幾何條件：如交織區段車道數。
4. 平面道路流量及轉向量。
5. 匝道流量及其轉向量。

二、建立績效指標：匝道評估之範圍包括都市快速道路主線、匝道及平面道路系統三部份，故建立之績效指標應可將此不同道路等級之特性予以反應。再者，一般都市快速道路之等級高於平面道路系統，故一般在下匝道地區應避免產生下匝道車輛回堵至主線之情形，以免干擾主線車流。基於上述理由，本研究擬依 SIGOP 模式與 T7F-T88 模式考慮溢流之觀念 [37,38]，並納入不同等級道路權重，提出績效指標如下：

$$P I = W_R * S_R + W_E * S_E + W_F * S_F - \delta * K_1 * (Q - Q_{max})$$

其中，P I：績效指標

$W_R$ ：匝道績效指標權重

$W_E$ ：快速道路績效指標權重

$W_F$ ：平面道路績效指標權重

$K_1$ ：等候線績效指標權重

$S_R$  : 匝道平均行駛速率

$S_E$  : 快速道路平均行駛速率

$S_F$  : 平面道路平均行駛速率

$$\delta = \begin{cases} 0 & \text{if } Q \leq Q_{\max} \\ 1 & \text{if } Q > Q_{\max} \end{cases}$$

$Q_{\max}$  : 匝道最長等候線長度

$Q$  : 匝道等候線長度

三、選擇模擬模式：依據國內之研究經驗 [39]，本研究初步選擇 NETSIM 微觀模擬模式為評估軟體。為充份反映路段型下匝道之車輛交織行為，依模式特性將真實路網予以抽象化，其抽象化路網如圖 4-2 所示，圖中虛擬路段係以右轉車道群 (Lane Group) 觀念予以設計，以符合匝道右轉車輛與平面道路車流之交織行為。依據本研究利用建國北路北向南京下匝道地區之實際調查資料與 NETSIM 模式模擬各路段之流量值進行比較，其結果整理如表 4-1 所示。由表中可知兩者五分鐘流量與三十分鐘流量之平均相對誤差分別為 7.0% 與 3.7%，而各路段之最大誤差值亦僅為 15.1% 與 7.5% 顯示 NETSIM 模式與抽象化路網的結合可有效反映路段型下匝道之交通特性。此外，利用無母數統計方法中 Wilcoxon 檢定法，檢定模擬值 (S) 與實際值 (R) 之一致性，使其分析過程更形嚴謹。該檢定之假設為：

$H_0$  : 模擬值與實際無差異

{

$H_1$  : 模擬值與實際存在差異性

其分析結果如下：

$S_5 - R_5$	等級	$S_{30} - R_{30}$	等級
21	10	78	10
2	1	24	5
- 7	6	-61	9
-20	9	-41	7
8	7	- 7	2.5
4	3.5	2	1
-13	8	-30	6
- 4	3.5	7	2.5
- 3	2	15	4
- 5	5	-55	8

$$W_5(+) = 21.5$$

$$W_{30}(+) = 22.5$$

$$W_5(-) = 33.5$$

$$W_{30}(-) = 32.5$$

$$W_5 = \text{Min} \{W_5(+), W_5(-)\} = 21.5$$

$$W_{30} = \text{Min} \{W_{30}(+), W_{30}(-)\} = 22.5$$

$$W_5 > W(0.025) = 8$$

$$W_{30} > W(0.025) = 8$$

上述結果顯示在0.05之顯著水準下差異不顯著，故接受 $H_0$ ，表示模擬值與實際值間無差異性存在，亦即NETSIM模式可作為匝道開口位置分析之評估工具。

表 4-11 流量模擬值與實際值比較表

路 段	實 際 值 (輛)		模 擬 值 (輛)		相 對 誤 差 (%)	
	5 分	30分	5 分	30分	5 分	30分
南京東路東側 (西向)	188	1206	209	1284	11.17	6.47
南京東路東側 (西向)	210	1245	212	1269	0.95	1.93
建國北路北側交織路段	207	1263	200	1202	3.38	4.83
建國北路北側平面道路	154	924	134	883	12.99	4.44
建國北路北側上匝道	53	322	61	315	15.09	2.17
南京東路西側 (東向)	165	1009	169	1011	2.42	0.20
建國北路南側平面道路	139	724	126	694	9.35	4.14
建國北路南側下匝道	64	383	60	390	6.67	1.83
建國北路南側交織區段 右轉車道群	66	396	63	411	4.55	3.79
建國北路南側交織區段 直行車道群	123	731	118	676	4.07	7.52
平 均 值				7.02	3.73	

經由績效指標的引入，並利用模擬軟體針對各種不同控制策略進行模擬分析，可得到各種不同交通狀況下路口型與路段型匝道之績效值，據此以決定匝道開口位置。為驗證此一推論，本研究就建國北路北向南京下匝道地區假設兩種交通狀況：

1. 中高流量：實際調查流量。
2. 中低流量：實際調查流量之二分之一。

依據此二種不同流量狀況，利用 NETSIM 模式得兩種匝道配置方式之績效值整理如表4-12所示。由表中可知中高流量時，路口型下匝道配置方式之匝道車輛平均速率、平面道路車輛平均速率、交織區域車輛平均速率及匝道之最長等候線長度等績效值皆較路段型下匝道為優，亦即此時號誌產生之固定延滯，較車輛自由交織產生之交織延滯為大。由此可知不同匝道配置方式確有其適用情形。

表 4-12 不同類型下匝道配置方式各狀況績效比較表

		匝道平均速率*	平面道路平均速率*	交織區段平均速率*	匝道等候線長度**
狀 況 一	路段型	5.9	9.5	4.2	36
	路口型	20.8	9.8	—— ———	16
狀 況 二	路段型	39.5	28.8	21.1	0
	路口型	24.5	16.7	—— ———	9

\* 單位為公里／小時

\*\* 單位為輛

\*\*\* 路口型下匝道無交織區段

## 第五章 實例研究

為驗證匝道配置流程與評估指標之合理性與有效性，本研究擬以台北市建國快速道路及興建中之台北市東西向快速道路為實例研究對象，檢討評估其匝道配置。茲就此二快速道路之背景及其分析結果分述如下。

### 5.1 建國快速道路

建國快速道路於民國72年全線通車，其路線北起民族東路與松江路口，南接辛亥路，全長約5.3 公里。快速道路全段除信義路以南與民權東路以北部份為雙向四車道外，其餘路段均採雙向六車道佈設，並於兩側佈設10.5公尺之平面車道（二個快車道，一個混合車道），沿線佈設上下匝道18處，其相關配置可參閱圖3-5。本研究以目前建國快速道路兩處交通壅塞問題較為嚴重之匝道地區——民權東路北向下匝道、南京東路北向下匝道為例進行實證研究。

調查資料顯示，調查時段內兩地區之下匝道右轉車輛可順利右轉機率皆不足40%，交織區段之服務水準均在E 級以下，顯示此二地區存在嚴重之壅塞問題。表5-1 所示，為本研究構建之服務水準分析模式及間距分析模式推估結果，表中資料顯示兩地點在不同服務水準下所需之交織區段長度和順利右轉機率值。由該表可知，在交織流率為2,540 輛／小時的情況下，如欲將民權東路北向下匝道提昇至一般規劃所需之服務水準C 級[30]時，其交織區段長度至少應由現在之101公尺增加至132 公尺，此時順利右轉機率將可增加至56%；交織流率為3,760 輛／小時時，如欲將南京東路北向下匝道同樣提昇至C 級，其交織區段長度至少應由現在之82公尺增加至144 公尺，其順利右轉機率可增加至47%。由此可知在以往未考慮匝道——平面道路連接處交織區段長度之情形下，造成目前匝道地區在部份時段服務水準偏低

之現象，然因匝道配置後，其地點及型式更動不易，故於爾後從事相關規劃時，宜先就此一問題加以探討。

表 5-1 台北市建國快速道路分析資料表

地 點	服 務 水 準		交織區段長度 (公尺)	平均面臨間距 個數 (個)	順利右轉機率 (%)
	等級	對 應 速 率 (公里／小時)			
民權東路北向 下匝道	A	43	211	3.21	70
	B	32	160	2.84	61
	C	27	132	2.64	56
	D	23	109	2.47	51
南京東路北向 下匝道	A	43	223	3.22	58
	B	32	172	2.86	50
	C	27	144	2.68	47
	D	23	121	2.51	41

## 5.2 台北市東西向快速道路

台北市東西向快速道路係於民國77年由工務局委託交通大學規劃完成，預計於82年全線通車，其路線西起鄭州路、環河北路口，向東經鄭州路拓寬工程，縱貫鐵路至光復南路口，後分南北兩線，南線跨越基隆路連接永吉路；北線則利用松山專案道路至基隆路正氣橋接麥帥公路，全長約6.4 公里 [40]。快速道路全段採雙向四車道佈設，並於兩側佈設10.5公尺之平面車道（二個快車道，一個混合車道），沿線佈設匝道12處，其相關配置如圖5-1 所示。由圖中可知除環河北路、西寧北路間之上下匝道，為連接環河快速道路之系統交流道外，其餘10處皆採中央直接式路段型匝道。以下茲就此10處匝道位置及型式檢討評估如下。





## 一、初選分析階段

### 1. 絕對條件

東西向快速道路之設計標準係採「公路路線設計規範」及台北市之相關規定，其各項標準如表5-2 所示，經核對結果，皆能符合本研究訂定之絕對條件。而在相鄰街道設置方面，新生與建國上下匝道，因分別與新生快速道路與建國快速道路相交，可利用快速道路所設置之迴轉道提供車輛轉向之用；光復上下匝道為南北線之分岔處，兼屬系統交流道功能；而重慶上下匝道之交通需求亦較臨近道路為大，依據本研究之篩選分析流程驗證結果，其位置之選定頗能符合實際運作之要求。

### 2. 鼻端距離

東西向快速道路連續匝道鼻端距離可整理如表5-3 所示，由表中之數值與「公路路線設計規範」相較均符合相關規定，故就此指標而言，目前之匝道配置亦屬合理。

表 5-3 台北市東西向快速道路鼻端距離整理表

路 段	鼻端距離 (公尺)
環河 — 重慶	920
重慶 — 新生	1125
新生 — 建國	1420
建國 — 光復	1420

表 5-2 台北市東西向快速道路道路設計標準

設計速率 (公里/小時)	80 (高架主線)		40 (匝道、地面道路)	
行駛速率 (公里/小時)	70		38	
	台北市 (65年)	交通部 (76年)	台北市 (65年)	交通部 (76年)
車道寬 (M)	3.5 min	3.25~3.75	3.5 min	3.00~3.75
單車道寬 (M)	—	4.5 min	4.2	4.5 min
路肩寬 (M)	高架得免設*	右2.5 , 左1.0	高架得免設*	右1.0 , 左0.5
NC (%)	2	1 ~ 2.5	1	1 ~ 2.5
停車視距 (M)	110	135 (110 min)	45	45 (40)
應變視距 (M)	—	310 (240)	—	155 (120)
E <sub>max</sub> (%)	10	6	10	6
R <sub>max</sub> (M)	220	250	50	55
超高漸變率	—	1/220 (1/170)	—	1/140 (1/90)
R(NC) (M)	—	3400 (2000)	—	840 (500)
R(S) (M)	$R/3 \leq A \leq R$	1900 (950)	得設A	460 (230)
LC(min) (M)	150M(Q=5°)** if Q<5° , 30MeI	2700/(Q+6) (110 min)	60**	1300/(Q+6) (55 min)
S (%)	7	5 (6)	8	9 (10)
K (凸形)	—	47 (31)	—	5 (4)
K (凹形)	—	30 (24)	—	7 (6)

\* 視需要設避車道。

\*\*若平面佈設與都市計劃抵觸，以都市計劃為準。(R, LC 配合都市計劃，儘量佈設緩和曲線)

資料來源：[40]

## 二、配置分析階段

### 1. 快速道路 — 匝道連接處交織區段長度分析指標

依據「台灣地區公路容量」手冊之規定：若交織區段長度超過760公尺以上，即視為獨立上、下匝道，由於台北市東西向快速道路之交織區段長度最小為920公尺，超過此值甚鉅，故可省略此一指標之評估。

### 2. 匝道 — 平面道路連接處交織區段長度分析指標

間距分析模式在規劃階段之應用尚待進一步研究，因此進行台北市東西向快速道路評估時，未能就此模式加以分析，故此階段僅就服務水準分析模式進行評估工作。依據工務局之資料[40]顯示台北市東西向快速道路平面與高架部份之流量如圖5-2。若假設該資料依本研究針對台北市建國快速道路之調查，下匝道車輛中有80%進入交織區段，而平面道路車輛行駛於快車道之比例為90%，則四處下匝道之服務水準可整理如表5-4所示。由表中可知新生下匝道在兩個時段內皆未能符合C級或D級服務水準的要求，顯示該地區在通車後可能產生壅塞現象，亦即其交織區段長度有不足情形，今若欲提昇其服務水準至D級以上，則晨昏二時段之最小交織區段長度至少應分別為94公尺及64公尺，該值可提供規劃者參考，以防患於未然。

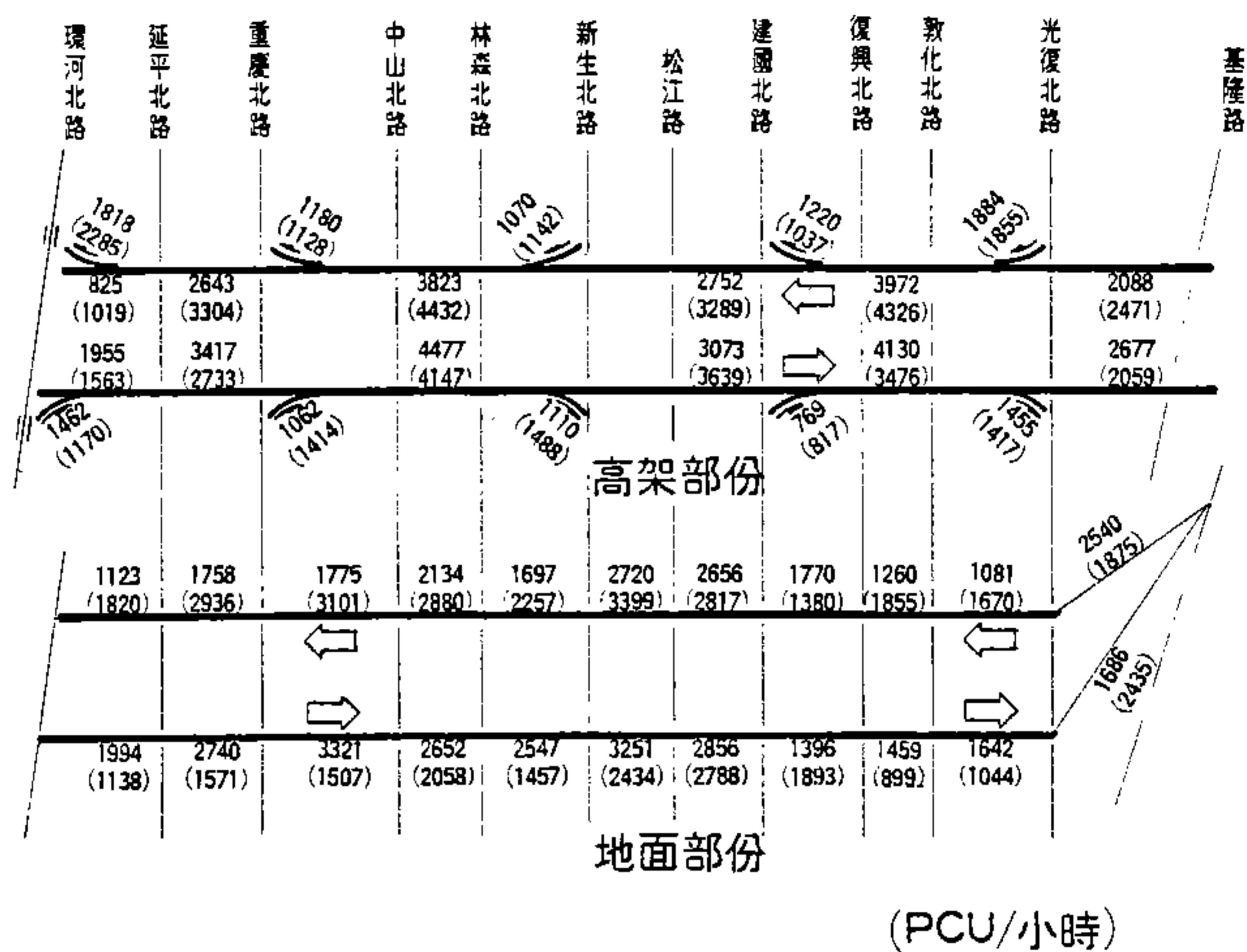


圖 5-2 台北市東西向快速道路規劃流量 資料來源：[40]

表 5-4 台北市東西向快速道路匝道地區預估服務水準表

地 點	時段	平面道路流量 (輛)	下匝道流量 (輛)	交織流量 (輛)	長 度 (公尺)	寬 度 (公尺)	速 率 (公里／小時)	服務水準
重慶下匝道	晨	1755	1180	2524	120	7	32.72	B
	昏	3101	1128	3693			23.37	D
新生下匝道	晨	2547	1110	3180	60	7	16.86	F
	昏	1457	1488	2502			22.28	E
建國下匝道	晨	1770	1220	2569	175	7	42.10	B
	昏	1380	1037	2072			46.08	A
光復下匝道	晨	1642	1455	2642	70	7	22.93	E
	昏	1044	1417	2073			27.48	C

經由前述各項分析指標之評估發現，台北市東西向快速道路之匝道配置，大致皆能符合運作要求，惟在新生下匝道之平面交織區段可能會受該地點流量大且交織區段長度不足之影響，產生壅塞問題，若在其他相關條件允許的情況下，本研究建議將此匝道位置往西挪移，以增加匝道 — 平面道路連接處之交織區段長度。

## 第六章 結論與建議

匝道係連接都市快速道路與平面道路之介面，車流經由此一介面進出快速道路與地區街道，匝道地區出現交通壅塞問題，不僅會影響快速道路主線車流之運行，平面道路系統亦將為之癱瘓。因此，都市快速道路之匝道配置實為重要研究課題。

過去都市快速道路匝道之配置，多以規劃、設計為著眼，對於操作部分則殊少考慮，三者間亦未見關聯，此一配置流程顯有缺陷，證諸目前台北市各快速道路下匝道地區壅塞問題可見端倪。本研究嘗試整合規劃、設計及操作之理念，完成匝道配置工作；於規劃階段即先行引進交通工程概念，預先瞭解不同配置方式可能造成之交通問題及其對策，俾預留防範及改善空間，防患於未然。

### 6.1 結論

依據研究內容，本研究提出下列研究成果及結論：

1. 都市快速道路匝道配置方式分析主要包括匝道設置地點及型式的選擇，歸納其影響因素有：交通需求型態、道路幾何條件、連續匝道鼻端距離、交織區段長度、號誌系統等。
2. 本研究建立都市快速道路匝道配置分析流程，概分其為初選分析、配置分析及操作分析三階段：
  - (1) 初選分析 — 經由交通需求型態判斷、絕對條件篩選及連續匝道鼻端距離限制等步驟之檢核，產生可能之匝道配置方案。
  - (2) 配置分析 — 引入規劃流量，透過交通量指派、交織區段長度分析、匝道型式分析等步驟，以最小總旅行時間為評估指標，選定較佳之匝道配置方案。
  - (3) 操作分析 — 包括控制策略研擬，匝道開口位置分析及服務水準評估等步驟，最後產生滿足服務水準要求之匝道配置方案。

本研究先就上述分析流程中之初選及配置分析階段進行評估指標建立及評估工作。

3. 本研究建立初選分析與配置分析階段之相關評估指標如下：

- (1) 初選分析指標包括絕對條件和連續匝道鼻端距離，其中絕對條件有街廓長度、曲線半徑、用地、相鄰街道配置等項。
- (2) 配置分析階段係以服務水準評估方式進行交織區段之相關分析及評估指標的建立。快速道路匝道地區之交織區段包括快速道路 — 匝道連接處與匝道 — 平面道路連接處兩處，前者參考公路容量手冊以平均行駛速率為衡量服務水準之指標，經修正適用於快速道路之參考公式後，據以決定規劃流量在一特定服務水準要求下，匝道地區應具備之交織區段長度。至於匝道 — 平面道路連接處，則分別以交織區段間距分析及服務水準評估方法，決定所需臨界交織區段長度值。

4. 匝道 — 平面道路連接處交織區段之間距分析模式係採用接受間距分析方法，建立順利右轉機率模式及交織區段長度推估模式。經以台北市建國快速道路民權東路北向下匝道地區和南京東路北向下匝道地區為例進行驗證，顯示順利右轉機率模式之平均相對誤差為7.25%，交織區段長度推估模式推估交織區段長度理論值與觀測值之平均相對誤差約為15%，模式頗能反映實際狀況。

5. 匝道 — 平面道路連接處交織區段之服務水準分析，係採迴歸分析方法，探討該交織區段在各種不同幾何配置與流量狀況下之服務水準。模式中以交織區段速率為被解釋變數，交織流量、交織區段長度、交織區段寬度為解釋變數，迴歸式之 $\bar{R}^2$ 值達0.81，各解釋變數t值皆顯著。交織流量與速率呈反向關係，交織區段長度及寬度與交織區段速率則皆呈正向關係，經彈性分析結果顯示，交織區段長度與交織流量對交織區段速率之影響遠較交織區段寬度為鉅。規劃流量在某一特定服務水準下應具備之臨界交織區段長度值可由上述關係式求出。

6. 以台北市建國快速道路為例，目前交通狀況較不理想之下匝道地區有南京東路北向下匝道及民權東路北向下匝道兩處，其下匝道右轉車輛可順利右轉之機率皆不足40%，交織區段服務水準均在E級以下，經本研究分析顯示南京東路北向下匝道如欲提升其服務水準至C級，其交織區段長度至少需144公尺，民權東路北向下匝道則需132公尺。由此例可知，由於以往未考慮下匝道地區交織區段長度之影響，造成目前該地區在部分時段服務水準偏低的結果，然因匝道設置後其地點及型式皆不易更動，追本溯源，於爾後從事相關規劃時宜先就此問題加以探討。
7. 以目前興建中之台北市東西向快速道路為例，依本研究分析流程及各項分析指標之評估發現，其匝道配置大致皆能符合運作要求，惟在新生下匝道之平面交織區段可能會受交織區段長度不足之影響，於尖峰時段產生壅塞問題，宜速謀對策。

## 6.2 建議

本研究提出建議及未來研究方向如下：

1. 本研究建立之快速道路匝道配置分析流程包括初選分析、配置分析及操作分析三階段，其中操作分析階段主要考慮號誌系統之配合及快速道路整合控制觀念，由於目前號誌軟體尚無法有效處理匝道地區問題，且囿於時間與人力僅進行初步之分析，後續值得進一步研究。
2. 下匝道車輛順利右轉機率模式，係就規劃觀點在排除號誌影響情況下所推導之結果，後續宜就匝道地區號誌控制問題再行深入研究。
3. 匝道 — 平面道路連接處之交織區段接受間距分析中，臨界間距與基本車流參數間之關係，值得再進一步探討。
4. 本研究修正公路容量手冊快速道路 — 匝道連接處之交織區段服務水準分析模式宜作進一步之驗證，以利應用。

5. 由於車流資料之觀測與擷取相當困難，本研究用以建立模式及驗證之資料稍嫌不足，後續宜再加強資料蒐集工作，以使模式結果更具嚴謹性。
6. 宜建立描述快速道路匝道地區交織區段服務水準之評估指標與分級方式，以爲評估之依據。
7. 研究過程中發現，國外車流模擬軟體如TRAF-NETSIM 等，不易具體模擬匝道地區之車流行爲，宜著手發展適用於本地之車流模擬模式，以供績效評估之用。
8. 台北市東西向快速道路新生下匝道之平面交織區段長度不足，在其他條件允許的情況下，本研究建議將此匝道位置往西挪移，俾符合最短交織區段長度之要求。

## 參考文獻

1. 台北都會區整體運輸規劃之研究 (一) 快速道路中長期發展，交通大學交通運輸研究所，民國78年6月。
2. 台北市城中、松山區東西向快速道路工程先期規劃，交通大學交通運輸研究所，民國78年6月。
3. 林欽銘，台北市環內快速道路系統瓶頸路段之改善研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國68年6月。
4. 宋治青，高速公路北部都會區環線系統交流道型式之規劃研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國74年6月。
5. 彭俊煜，台北市東西快速道路發展方案之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國75年6月。
6. P.G. MichaloPoulos, R.A. Plum, "Selection and Evaluation of Optimal Freeway Design by Computer Simulation," TRB, TRR 773, PP.40-47, 1981.
7. 台灣地區公路容量手冊，交通部運輸研究所，民國79年。
8. Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, Special Report 209, 1985.
9. 公路路線設計規範，交通部，民國76年1月。
10. 高速公路交流道設置與設計電腦輔助評估工具的發展，台灣大學土木工程研究所，民國80年12月。
11. AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1984.
12. D. Owens and M.J. Schonfield, "Access Control on the M6 Motorway Evaluation of Britain's First Ramp-Metering Scheme," Traffic Engineering & Control, Vol.29, No. 12, Dec. 1988.
13. FHWA, TRAFFIC CONTROL SYSTEMS HANDBOOK, Revised, April, 1985.

14. 陳菟蕙，FREQ8PE 應用於高速公路匝道控制之研究 —— 以五股至內湖段為例，台灣大學土木工程研究所碩士論文，民國79年6月。
15. 朱榮祥，「運用模擬模式決定匝道儀控率之研究」，中華民國運輸學會第六屆學術論文研討會論文集，民國80年7月。
16. 詹益焜，修改FREQ8PE 應用於市區快速道路車流模擬之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國77年6月。
17. S.Y.D.Lo and L.G. Willumsen, "The Analysis of Problems in the Interface between Urban Motorways and Urban Traffic Control," Traffic Engineering & Control, Vol.19, No. 12, Dec. 1978.
18. R. P. Roess, W. R. McShane, and Louis J. Pignataro, "Configuration, Design, and Analysis of Weaving Section," TRB, TRR 489, 1974.
19. J. Fazio, N. M. Rouphail, "Freeway Weaving Section: Comparision and Refinement of Design and Operations Analysis Procedures," TRB, TRR 1091, 1986.
20. J. Fazio, "Geometric Approach to Modeling Vehicle Speeds through Simple Freeway Weaving Sections," Institute of Traffic Engineering (I.T.E.) Journal, Vol. 58, No. 4, 1988.
21. M. C. Pietrzyk and M. L. Perez, "Weaving Section Length Analysis: A Planning Design Approach," I.T.E. Journal, Vol. 60, No. 6, 1990.
22. M. Cassidy, A. Skabardonis and A.D. May, "Operation of Major Freeway Weaving Section: Recent Empirical Evidence," TRB, TRR, No. 1225, pp.61-72, 1989.
23. M.J. Cassidy and A.D. May, "Proposed Analytical Technique for Estimating Capacity and Level of Service of Major

- Freeway Weaving Sections," TRB, TRR, No. 1320, pp.99-109, 1991.
- 24.J. Fazio and N.M. Rouphall, "Conflict Simulation in INTRAS: Application to Weaving Area Capacity Analysis," TRB, TRR, No.1287, pp.96-109, 1990.
- 25.D. R. Drew, Traffic Flow Theory and Control, 1971.
- 26.R. Ashworth and C.G. Bottom, "Some Observations of Driver Gap-Acceptance Behaviour at a Priority Intersection," Traffic Engineering & Control, Dec. 1977.
- 27.A. E. Radwan and K. C. Sinha, "Gap Acceptance and Delay at Stop Controlled Intersection on Multi-Lane Divided Highways," I.T.E. Journal, 1980.
- 28.D. E. Blumenfeld and G. H. Weiss, "The Effects of Gap Acceptance Criteria on Merging Delay and Capacity at An Uncontrolled Junction," Traffic Engineering & Control, Vol. 20, No. 1, 1979.
- 29.Yasuji Makigami, Yasuo Adachi, and Motoji Sueda, "Merging Lane Length for Expressway Improvement Plan in Japan," Journal of Transportation Engineering, Vol.114, No. 6, Nov. 1988.
- 30.Yasuji Makigami and Takeshi Matsuo, "Evaluation of Outside and Inside Expressway Ramps Based on Merging Probability," Journal of Transportation Engineering, Vol. 117, No.1, PP.57-70, 1991.
- 31.郭正成,「機車在交叉路口接受間距等性之研究」,交通大學交通運輸研究所碩士論文,民國71年6月。
- 32.G.R. Bullen, R.D. Wollall, and S. Robertson, "A Simulation Model of Lane-Changing on A Multilane Highway," HRB, HRR 279,1969.

33. B. Greenshields, D. Shapiro, and E.L. Erickson, "Traffic Performance at Urban Street Intersections," Technical Report 1, Bureau of Highway Traffic, Yale University, New Haven, Conn., 1947.
34. M.S. Raff and J.W. Hart, "A Volume Warrant for Urban Stop Signs," The Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck, Conn., 1950.
35. Weaving Areas: Design and Analysis, NCHRP REPORT 159, 1975.
36. STATGRAPHICS User Manual, Ver. 2.6, Statistical Graphics Corporation, U.S.A, 1987.
37. 蔡輝昇，交通控制理論與實務，生成出版社，民國79年4月。
38. 網路及幹道號誌軟體程式T7F-T88 使用手冊，中華顧問工程司，民國80年5月。
39. 李珏等人，「交流道與聯絡道路系統短期速效改善策略之研究」，中華民國運輸學會第六屆學術論文研討會論文集，民國80年7月。
40. 台北市東西向快速道路新建工程簡介，台北市政府工務局，民國78年5月。
41. 柯松澤，台灣地區高速公路進口匝道加速車道設計標準之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國76年6月。
42. P. G. Michalopoulos and Jawkuan Lin, "Integrated Modeling of Freeway Flow and Application to Microcomputers," TRB, TRR 1091, PP.25-28, 1986.
43. M. V. Aerde and S. Yagar, "Dynamic Integrated Freeway /Traffic Signal Networks: Problems and Proposed Solutions," Transportation Research, Part A., Vol.22A, No.6, PP.435-443, 1988.

- 44.M. V. Aerde and S. Yagar, "Dynamic Integrated Freeway /Traffic Signal Networks: A Rout-Based Modeling Approach," Transportation Research, Part A., Vol.22A, No.6, PP.445-453, 1988.
- 45.Noriyuki Inoue, "Traffic Control on Freeway," Seminar on Highway and Urban Traffic Control Technology, Taipei, Taiwan, R.O.C., 1983.
- 46.A. Skabordonis, "Modeling the Traffic Behaviour at Grade-separated Interchanges," Traffic Engineering & Control, PP.410-415, 1985.

## 都市快速道路匝道配置評估方法之研究

出版者：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路150號7樓

電話：(02)7123121

經銷處：交通部運輸研究所運輸資訊組

地址：台北市敦化北路150號3樓

電話：(02)7123121

中華民國政府出版品展售中心

地址：台北市衡陽路20號3樓

電話：(02)3821394

印刷者：建華印書有限公司

地址：台北市北平西路6號5樓之1

電話：(02)3313031

中華民國八十二年十月初版一刷

本書印製200冊・每冊工本費68元

ISBN 957-00-2949-8 (平裝)